



#6
11/1/01
Muller

35.C15506

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)	
AKIRA HARADA)	Examiner: Unassigned
Appln. No.: 09/851,937)	Group Art Unit: Unassigned
Filed: May 10, 2001)	
For: LENS SYSTEM AND OPTICAL)	September 5, 2001
DEVICE HAVING THE SAME)	

BOX MISSING PARTS
Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

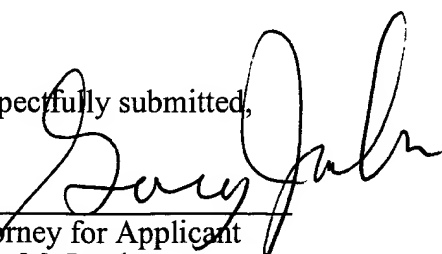
Applicant hereby claims priority under the International Convention and all rights to which he is entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following Japanese Priority Application:

Japan 2000-140119 filed May 12, 2000.

A certified copy of the priority document is enclosed.

Applicant's undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,



Attorney for Applicant
Gary M. Jacobs
Registration No. 28,861

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200

CF015506 US/nyo



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 5月12日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-140119

出 願 人

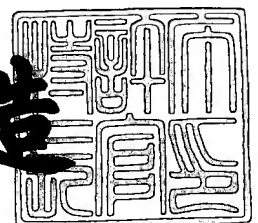
Applicant(s):

キヤノン株式会社

2001年 5月30日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3046987

【書類名】 特許願

【整理番号】 4042061

【提出日】 平成12年 5月12日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 27/00

【発明の名称】 撮影レンズ及びそれを用いた光学機器

【請求項の数】 44

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

 【氏名】 原田 晃

【特許出願人】

 【識別番号】 000001007

 【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

 【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

 【識別番号】 100086818

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 高梨 幸雄

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 009623

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9703877

【プルーフの要否】 要

【書類名】明細書

【発明の名称】撮影レンズ及びそれを用いた光学機器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回折面を有し、絞りに対し対称もしくは略対称の撮影レンズであって、フォーカシングに際しレンズ系全体を移動させるとともに最大撮影倍率を β としたとき、

$$\beta \geq 0.5$$

の条件を満足することを特徴とする撮影レンズ。

【請求項 2】 前記回折面は光軸に対し回転対称な回折格子より成り、該回折格子の位相 $\phi(h)$ が

$$\phi(h) = 2\pi/\lambda * (C_1 \cdot h^2 + C_2 \cdot h^4 + C_3 \cdot h^6 + \dots + C_i \cdot h^{2i})$$

λ : 可視域の任意の波長

C_i : 非球面位相係数

h : 光軸からの高さ

で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることを特徴とする請求項 1 の撮影レンズ。

【請求項 3】 無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングにおけるレンズ系全体の最大移動量を ΔS 、全系の焦点距離を f としたとき、

$$|\Delta S/f| > 1.0$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 の撮影レンズ

【請求項 4】 回折面を有し、正の屈折力の第 1 レンズ群、絞り、正の屈折力の第 2 レンズ群を備え、該絞りに対し、対称もしくは略対称の撮影レンズであってフォーカシングに際しレンズ系全体を移動させるとともに絞り前後の間隔がフォーカシングのさいに変化することを特徴とする撮影レンズ。

【請求項 5】 前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1

前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2

フォーカシングにおける第 1 レンズ群の移動量を ΔS_1

フォーカシングにおける第 2 レンズ群の移動量を ΔS_2

全系の焦点距離を f としたとき、

$$0.7 < f_1 / f < 1.3$$

$$1.5 < f_2 / f < 2.5$$

$$0.7 < |\Delta s_1 / \Delta s_2| < 1.3$$

を満足することを特徴とする請求項 4 の撮影レンズ。

【請求項 6】 前記回折面は光軸に対し回転対称な回折格子より成り、該回折格子の位相 $\phi(h)$ が

$$\phi(h) = 2\pi / \lambda * (C_1 \cdot h^2 + C_2 \cdot h^4 + C_3 \cdot h^6 + \dots + C_i \cdot h^{2i})$$

λ : 可視域の任意の波長

C_i : 非球面位相係数

h : 光軸からの高さ

で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることを特徴とする請求項 4 又は 5 の撮影レンズ。

【請求項 7】 無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングにおける第 1 レンズ群の最大移動量を ΔS_1 、全系の焦点距離を f としたとき、

$$|\Delta s_1 / f| > 1.0$$

を満足することを特徴とする請求項 4、5 又は 6 の撮影レンズ。

【請求項 8】 回折面を有し、物体側より順に正の屈折力を有する第 1 レンズ群、正の屈折力を有する第 2 レンズ群を有し、最も像側に負レンズ群を有し、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングのさいに前記第 1 レンズ群及び前記第 2 レンズ群を物体側に移動し且つ前記負レンズ群より前記物体側の空気間隔が増大することを特徴とする撮影レンズ。

【請求項 9】 前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1
 前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2
 前記最も像側の負レンズ群の焦点距離を f_R
 フォーカシングにおける第 1 レンズ群の移動量を ΔS_1
 フォーカシングにおける第 2 レンズ群の移動量を ΔS_2
 全系の焦点距離を f としたとき、

$$0.6 < f_1 / f < 1.1$$

$$1.5 < f_2 / f < 3.5$$

$$-6.0 < f_R / f < -2.0$$

$$0.7 < |\Delta s_1 / \Delta s_2| < 1.3$$

を満足することを特徴とする請求項 8 の撮影レンズ。

【請求項 10】 前記回折面は光軸に対し回転対称な回折格子であり、該回折格子の位相 $\phi(h)$ が

$$\phi(h) = 2\pi / \lambda * (C_1 \cdot h^2 + C_2 \cdot h^4 + C_3 \cdot h^6 + \dots + C_i \cdot h^{2i})$$

λ : 可視域の任意の波長

C_i : 非球面位相係数

h : 光軸からの高さ

で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることを特徴とする請求項 8 又は 9 の撮影レンズ。

【請求項 11】 前記第 1 レンズ群及び／又は第 2 レンズ群が回折面を有することを特徴とする請求項 8、9 又は 10 の撮影レンズ。

【請求項 12】 前記最も像側の負レンズ群はフォーカシング中、固定であることを特徴とする請求項 8 から 11 のいずれか 1 項の撮影レンズ。

【請求項 13】 前記フォーカシングにおける第 1 レンズ群の移動量を ΔS

全系の焦点距離を f としたとき、

$$|\Delta s_1 / f| > 1.0$$

を満足することを物体とする請求項 8 から 12 のいずれか 1 項の撮影レンズ。

【請求項 14】 回折面を有し、物体側より順に正の屈折力を有する第 1 レンズ群、負の屈折力を有する第 2 レンズ群を有し、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングのさいに、該第 1 レンズ群が前記物体側に移動すると共に、前記第 1 レンズ群と、前記第 2 レンズ群の間隔が増大することを特徴とする撮影レンズ。

【請求項 15】 前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1
前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2

全系の焦点距離を f としたとき、

$$0.5 < f_1 / f < 1.1$$

$$-2.5 < f_2 / f < -1.5$$

を満足することを物体とする請求項 14 の撮影レンズ。

【請求項 16】 前記第 1 レンズ群が回折面を有することを特徴とする請求項 14 又は 15 の撮影レンズ。

【請求項 17】 前記回折面は光軸に対し回転対称な回折格子であり、該回折格子の位相 $\phi(h)$ が

$$\phi(h) = 2\pi / \lambda * (C_1 \cdot h^2 + C_2 \cdot h^4 + C_3 \cdot h^6 + \dots + C_i \cdot h^{2i})$$

λ : 可視域の任意の波長

C_i : 非球面位相係数

h : 光軸からの高さ

で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることを特徴とする請求項 14、15 又は 16 の撮影レンズ。

【請求項 18】 前記第 2 レンズ群はフォーカシング中、固定であることを

特徴とする請求項 14 から 17 のいずれか 1 項の撮影レンズ。

【請求項 19】 回折光学面を有し、物体側より順に正の屈折力を有する第 1 レンズ群、正の屈折力を有する第 2 レンズ群を有し、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングのさいに、該第 1 レンズ群は前記物体側に移動することを特徴とする撮影レンズ。

【請求項 20】 前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1
前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2
全系の焦点距離を f としたとき、

$$0.7 < f_1 / f < 1.3$$

$$f_2 / f > 1.0$$

を満足することを特徴とする請求項 19 の撮影レンズ。

【請求項 21】 前記第 1 レンズ群が前記回折面を有することを特徴とする請求項 19 又は 20 の撮影レンズ。

【請求項 22】 前記回折面は光軸に対し回転対称な回折格子であり、該回折格子の位相 $\phi(h)$ が

$$\phi(h) = 2\pi / \lambda * (C_1 \cdot h^2 + C_2 \cdot h^4 + C_3 \cdot h^6 + \dots + C_i \cdot h^{2i})$$

λ : 可視域の任意の波長

C_i : 非球面位相係数

h : 光軸からの高さ

で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることを特徴とする請求項 19, 20 又は 21 の撮影レンズ。

【請求項 23】 前記第 2 レンズ群はフォーカシング中、固定であることを特徴とする請求項 19 から 22 のいずれか 1 項の撮影レンズ。

【請求項 24】 回折面を有し、物体側より順に正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群を有する撮影レンズに

において、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングにさいし、前記第1レンズ群が固定、前記第2レンズ群が像側へ移動、前記第3レンズ群が物体側へ移動することを特徴とする撮影レンズ。

【請求項25】

第1レンズ群の焦点距離を f_1

第2レンズ群の焦点距離を f_2

第3レンズ群の焦点距離を f_3

フォーカシングにおける第2レンズ群の移動量を ΔS_2

フォーカシングにおける第3レンズ群の移動量を ΔS_3

全系の焦点距離を f としたとき

$$0.40 < f_1 / f < 0.65$$

$$-0.50 < f_2 / f < -0.25$$

$$0.40 < f_3 / f < 1.10$$

$$0.50 < \Delta s_2 / |\Delta s_3| < 1.50$$

を満足することを特徴とする請求項24の撮影レンズ。

【請求項26】 前記回折面は光軸に対し回転対称な回折格子であり、該回折格子の位相 $\phi(h)$ が

$$\phi(h) = 2\pi / \lambda * (C_1 \cdot h^2 + C_2 \cdot h^4 + C_3 \cdot h^6 + \dots + C_i \cdot h^{2i})$$

λ : 可視域の任意の波長

C_i : 非球面位相係数

h : 光軸からの高さ

で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることを特徴とする請求項24又は25の撮影レンズ。

【請求項27】 前記第1レンズ群は最も物体側に正レンズを有することを特徴とする請求項24, 25又は26の撮影レンズ。

【請求項 2 8】 前記第 2 レンズ群と、前記第 3 レンズ群の間に絞りを有し該絞りはフォーカシングのとき固定であることを特徴とした請求項 2 4 から 2 7 のいずれか 1 項の撮影レンズ。

【請求項 2 9】 光路中にフレアカット絞りを有することを特徴とした請求項 2 4 から 2 8 のいずれか 1 項の撮影レンズ。

【請求項 3 0】 前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群はいずれも接合レンズを有することを特徴とした請求項 2 4 から 2 9 のいずれか 1 項の撮影レンズ。

【請求項 3 1】 回折面を有し、物体側より順に正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、負の屈折力の第 4 レンズ群を有する撮影レンズにおいて、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングにさいし、第 1 レンズ群が固定、前記第 2 レンズ群が像側へ移動し、前記第 3 レンズ群が前記物体側へ移動することを特徴とする撮影レンズ。

【請求項 3 2】

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1

前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2

前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3

前記第 4 レンズ群の焦点距離を f_4

フォーカシングにおける第 2 レンズ群の移動量を ΔS_2

フォーカシングにおける第 3 レンズ群の移動量を ΔS_3

全系の焦点距離を f としたとき

$$0.40 < f_1 / f < 0.70$$

$$-0.45 < f_2 / f < -0.25$$

$$0.25 < f_3 / f < 0.55$$

$$-1.0 < f_4 / f < -0.4$$

$$0.50 < \Delta s_2 / |\Delta s_3| < 1.50$$

を満足することを特徴とする請求項の 3 1 の撮影レンズ。

【請求項 3 3】 前記第 1 レンズ群は最も物体側に正レンズを有することを特徴とする請求項 3 1 又は 3 2 の撮影レンズ。

【請求項 3 4】 前記第 2 レンズ群と、第 3 レンズ群の間に絞りを有し該絞

りはフォーカシングのとき固定であることを特徴とした請求項 31、32 又は 33 の撮影レンズ。

【請求項 35】 光路中にフレアカット絞りを有することを特徴とした請求項 31 から 34 のいずれか 1 項の撮影レンズ。

【請求項 36】 前記第 2、第 3 レンズ群はいずれも接合レンズを有することを特徴とした請求項 31～35 のいずれか 1 項の撮影レンズ。

【請求項 37】 回折面を有し、物体側より順に正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群を有する撮影レンズにおいて、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシング時に前記第 1 レンズ群が固定、前記第 2 レンズ群が像側へ移動し、第 3 レンズ群が前記物体側へ移動することを特徴とする撮影レンズ。

【請求項 38】

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1

前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2

前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3

前記第 4 レンズ群の焦点距離を f_4

フォーカシングにおける第 2 レンズ群の移動量を ΔS_2

フォーカシングにおける第 3 レンズ群の移動量を ΔS_3

全系の焦点距離を f としたとき

$$0.20 < f_1/f < 0.60$$

$$-0.50 < f_2/f < -0.10$$

$$0.50 < f_3/f < 1.50$$

$$0.70 < f_4/f < 1.80$$

$$0.50 < \Delta s_2 / |\Delta s_3| < 4.00$$

を満足することを特徴とする請求項 37 の撮影レンズ。

【請求項 39】 前記回折面は光軸に対し回転対称な回折格子であり、該回折格子の位相 $\phi(h)$ が

$$\phi(h) = 2\pi/\lambda * (C_1 \cdot h^2 + C_2 \cdot h^4 + C_3 \cdot h^6 + \dots + C_i \cdot h^{2i})$$

λ : 可視域の任意の波長

C_i : 非球面位相係数

h : 光軸からの高さ

で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることを特徴とする請求項 3 7 又は 3 8 の撮影レンズ。

【請求項 4 0】 フォーカシング時、前記第 4 レンズ群は像面に対し固定であることを特徴とした請求項 3 7、3 8 又は 3 9 の撮影レンズ。

【請求項 4 1】 光路中に絞りを有し、該絞りはフォーカシングのとき固定であることを特徴とした請求項 3 7 から 4 0 のいずれか 1 項の撮影レンズ。

【請求項 4 2】 光路中にフレアカット絞りを有することを特徴とした請求項 3 7 ～ 4 1 のいずれか 1 項の撮影レンズ。

【請求項 4 3】 回折面を有し、フォーカシングに際してレンズ系全体あるいは該レンズ系の一部が移動する撮影レンズにおいて、最大撮影倍率を β としたとき、

$$\beta > 0.5$$

を満足することを特徴とする撮影レンズ。

【請求項 4 4】 請求項 1 から 4 3 のいずれか 1 項の撮影レンズを有することを特徴とする光学機器。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、撮影レンズ及びそれを用いた光学機器に関し、特に無限遠物体から近距離物体に至る広い被写体距離範囲に対して焦点合わせをする際の収差変動の補正を良好に行った高い光学性能を有した銀塩写真カメラ、ビデオカメラ、電子スチルカメラ等の光学機器に好適な、ものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来より写真用カメラやビデオカメラ、そしてビデオスチルカメラ等の光学機器において近距離物体の撮影を主たる目的とした撮影レンズにマクロレンズ又はマイクロレンズ（以下「マクロレンズ」という。）と呼ばれるものがある。

【0003】

マクロレンズは一般の標準レンズや望遠レンズ等の他の撮影レンズに比べて、特に近距離物体において高い光学性能が得られるように設計されている。

【0004】

一般にマクロレンズにおいては、撮影倍率が増大するにつれて、諸収差のうち特に軸上色収差及び倍率色収差が増加しこれらを良好に補正するのが難しくなってくる。

【0005】

撮影レンズとして諸収差のうち球面収差、コマ収差、非点収差等が良好に補正されていても、軸上色収差や倍率色収差が良好に補正されていないと良好な光学性能が得られない。

【0006】

又、従来よりレンズ面やあるいは光学系の1部に回折作用を有する回折光学素子を設けて、光学系中の屈折面と回折面とで、ある基準波長の光線に対する色収差の出方が逆方向に発現するという物理現象を利用して、光学系の色収差を減じる方法が例えばSPIE Vol. 1354 International Lens Design Conference (1990)等の文献や特開平4-213421号公報、特開平6-324262号公報、USP5,044,706等により開示されている。

【0007】

これらで開示されている回折光学素子では、周期的構造の回折格子を光軸等ある軸を中心に回転対称に構成し、回折格子の周期ピッチを徐々に変化させることによりこの周期的構造を有する輪帯構造から生じる回折作用がレンズとして作用するのを利用している。

【0008】

この回折光学素子は、硝子の分散により屈折面で発生する色収差に対して特にその補正する効果が大きい、その周期的構造の周期を変化させることで非球面レンズ的な効果を持たせることもでき収差の低減にも大きな効果がある。

【 0 0 0 9 】

この回折作用を得るための回折光学素子の具体的な構造は、キノフォームと呼ばれ、この位相差 2π を与える間が連続的になっているもの、連続的な位相差分布を階段上に近似したバイナリー形状（階段形状）に構成したものや、その微小な周期的構造を三角波形状に近似し構成したもの等が知られている。

【 0 0 1 0 】

このような回折光学素子は、リソグラフィ等の半導体プロセスや切削等により製造されている。

【 0 0 1 1 】

特に回折光学素子のうち階段形状（バイナリー形状）の回折光学素子はリソグラフィ等の半導体プロセスにより非常に高解像度で高精度なものが容易に製造されるようになっている。

【 0 0 1 2 】

【発明が解決しようとしている課題】

一般にマクロレンズにおいて撮影倍率範囲を拡大すると、特に高倍率の方に拡大すると撮影倍率の変化に伴い収差が多く発生し、これを良好に補正するのが難しくなっている。

【 0 0 1 3 】

例えば、撮影倍率 $1/10$ を基準に設計されたマクロレンズを撮影倍率が等倍へと高倍率の方へ拡大して撮影しようとする、球面収差、像面湾曲、コルマ収差そして色収差等が著しく多く発生している。

【 0 0 1 4 】

本発明は、高倍率撮影時の収差を良好に補正した高い光学性能を有した撮影レンズ及びそれを用いた光学機器の提供を目的とする。

【 0 0 1 5 】

特に本発明は撮影倍率の増大によって悪化する軸上色収差や倍率色収差を良好

に補正した撮影レンズ及びそれを用いた光学機器の提供を目的とする。

【0 0 1 6】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 の発明の撮影レンズは回折面を有し、絞りに対し対称もしくは略対称の撮影レンズであって、フォーカシングに際しレンズ系全体を移動させるとともに最大撮影倍率を β としたとき、

$$\beta \geq 0.5 \cdots \cdots (1)$$

の条件を満足することを特徴としている。

【0 0 1 7】

請求項 2 の発明は請求項 1 の発明において前記回折面は光軸に対し回転対称な回折格子より成り、該回折格子の位相 $\phi(h)$ が

$$\phi(h) = 2\pi/\lambda * (C_1 \cdot h^2 + C_2 \cdot h^4 + C_3 \cdot h^6 + \cdots + C_i \cdot h^{2i})$$

λ : 可視域の任意の波長

C_i : 非球面位相係数

h : 光軸からの高さ

で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることを特徴としている。

【0 0 1 8】

請求項 3 の発明は請求項 1 又は 2 の発明において無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングにおけるレンズ系全体の最大移動量を ΔS 、全系の焦点距離を f としたとき、

$$|\Delta S/f| > 1.0 \cdots \cdots (2)$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【0 0 1 9】

請求項 4 の発明の撮影レンズは回折面を有し、正の屈折力の第 1 レンズ群、絞

り、正の屈折力の第2レンズ群を備え、該絞りに対し対称もしくは略対称の撮影レンズであってフォーカシングレンズ系全体を移動させるとともに絞り前後の間隔がフォーカシングのさいに変化することを特徴としている。

【0020】

請求項5の発明は請求項4の発明において

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2

フォーカシングにおける第1レンズ群の移動量を ΔS_1

フォーカシングにおける第2レンズ群の移動量を ΔS_2

全系の焦点距離を f としたとき

$$0.7 < f_1/f < 1.3 \dots \dots \dots (3)$$

$$1.5 < f_2/f < 2.5 \dots \dots \dots (4)$$

$$0.7 < |\Delta S_1/\Delta S_2| < 1.3 \dots \dots (5)$$

を満足することを特徴としている。

【0021】

請求項6の発明は請求項4又は5の発明において前記回折面は光軸に対し回転対称な回折格子より成り、該回折格子の位相 $\phi(h)$ が

$$\phi(h) = 2\pi/\lambda * (C_1 \cdot h^2 + C_2 \cdot h^4 + C_3 \cdot h^6 + \dots \dots \dots + C_i \cdot h^{2i})$$

λ : 可視域の任意の波長

C_i : 非球面位相係数

h : 光軸からの高さ

で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることを特徴としている。

【0022】

請求項7の発明は請求項4, 5又は6の発明において

無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングにおける第1レンズ群の最大移動量を ΔS_1 、全系の焦点距離を f としたとき、

$$|\Delta S_1 / f| > 1.0 \dots \dots \dots (6)$$

を満足することを特徴としている。

【0023】

請求項8の発明の撮影レンズは回折面を有し、物体側より順に正の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群を有し、最も像側に負レンズ群を有し、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングのさいに前記第1レンズ群及び前記第2レンズ群を物体側に移動し且つ負レンズ群より前記物体側の空気間隔が増大することを特徴としている。

【0024】

請求項9の発明は請求項8の発明において

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2

前記最も像側の負レンズ群の焦点距離を f_R

フォーカシングにおける第1レンズ群の移動量を ΔS_1

フォーカシングにおける第2レンズ群の移動量を ΔS_2

全系の焦点距離を f としたとき、

$$0.6 < f_1 / f < 1.1 \dots \dots \dots (7)$$

$$1.5 < f_2 / f < 3.5 \dots \dots \dots (8)$$

$$-6.0 < f_R / f < -2.0 \dots \dots \dots (9)$$

$$0.7 < |\Delta S_1 / \Delta S_2| < 1.3 \dots \dots (10)$$

を満足することを特徴としている。

【0025】

請求項10の発明は請求項8又は9の発明において前記回折面は光軸に対し回転対称な回折格子であり、該回折格子の位相 $\phi(h)$ が

$$\phi(h) = 2\pi / \lambda * (C_1 \cdot h^2 + C_2 \cdot h^4 + C_3 \cdot h^6 + \dots \dots \dots + C_i \cdot h^{2i})$$

λ : 可視域の任意の波長

C_i : 非球面位相係数

h : 光軸からの高さ

で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることを特徴としている。

【0026】

請求項11の発明は請求項8、9又は10の発明において前記第1レンズ群及び／又は第2レンズ群が回折面を有することを特徴としている。

【0027】

請求項12の発明は請求項8から11のいずれか1項の発明において前記最も像側の負レンズ群はフォーカシング中、固定であることを特徴としている。

【0028】

請求項13の発明は請求項8から12のいずれか1項の発明において前記フォーカシングにおける第1レンズ群の移動量を ΔS_1 全系の焦点距離を f としたとき、

$$|\Delta s_1 / f| > 1.0 \dots \dots (11)$$

を満足することを特徴としている。

【0029】

請求項14の発明の撮影レンズは回折面を有し、物体側より順に正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群を有し、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングのさいに、該第1レンズ群が前記物体側に移動すると共に、前記第1レンズ群と、前記第2レンズ群の間隔が増大することを特徴としている。

【0030】

請求項15の発明は請求項14の発明において
前記第1レンズ群の焦点距離を f_1
前記第2レンズ群の焦点距離を f_2

全系の焦点距離を f としたとき、

$$0.5 < f_1/f < 1.1 \dots \dots (12)$$

$$-2.5 < f_2/f < -1.5 \dots \dots (13)$$

を満足することを特徴としている。

【0031】

請求項16の発明は請求項14又は15の発明において前記第1レンズ群が回折光学面を有することを特徴としている。

【0032】

請求項17の発明は請求項14、15又は16の発明において前記回折面は光軸に対し回転対称な回折格子であり、該回折格子の位相 $\phi(h)$ が

$$\phi(h) = 2\pi/\lambda * (C_1 \cdot h^2 + C_2 \cdot h^4 + C_3 \cdot h^6 + \dots \dots + C_i \cdot h^{2i})$$

λ : 可視域の任意の波長

C_i : 非球面位相係数

h : 光軸からの高さ

で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることを特徴としている。

【0033】

請求項18の発明は請求項14から17のいずれか1項の発明において前記第2レンズ群はフォーカシング中、固定であることを特徴としている。

【0034】

請求項19の発明の撮影レンズは回折光学面を有し、物体側より順に正の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群を有し、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングのさいに、該第1レンズ群は前記物体側に移動することを特徴としている。

【0035】

請求項 2 0 の発明は請求項 1 9 の発明において

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1

前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2

全系の焦点距離を f としたとき、

$$0.7 < f_1 / f < 1.3 \dots (14)$$

$$f_2 / f > 1.0 \dots (15)$$

を満足することを特徴としている。

【0036】

請求項 2 1 の発明は請求項 1 9 又は 2 0 の発明において前記第 1 レンズ群が前記回折面を有することを特徴としている。

【0037】

請求項 2 2 の発明は請求項 1 9, 2 0 又は 2 1 の発明において前記回折面は光軸に対し回転対称な回折格子であり、該回折格子の位相 $\phi(h)$ が

$$\phi(h) = 2\pi / \lambda * (C_1 \cdot h^2 + C_2 \cdot h^4 + C_3 \cdot h^6 + \dots + C_i \cdot h^{2i})$$

λ : 可視域の任意の波長

C_i : 非球面位相係数

h : 光軸からの高さ

で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることを特徴としている。

【0038】

請求項 2 3 の発明は請求項 1 9 から 2 2 のいずれか 1 項の発明において前記第 2 レンズ群はフォーカシング中、固定であることを特徴としている。

【0039】

請求項 2 4 の発明の撮影レンズは回折面を有し、物体側より順に正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群を有する

撮影レンズにおいて、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングにさいし前記第 1 レンズ群が固定、前記第 2 レンズ群が像側へ移動、前記第 3 レンズ群が物体側へ移動することを特徴としている。

【0040】

請求項 25 の発明は請求項 24 の発明において

第 1 レンズ群の焦点距離を f_1

第 2 レンズ群の焦点距離を f_2

第 3 レンズ群の焦点距離を f_3

フォーカシングにおける第 2 レンズ群の移動量を ΔS_2

フォーカシングにおける第 3 レンズ群の移動量を ΔS_3

全系の焦点距離を f としたとき、

$$0.40 < f_1 / f < 0.65 \dots \dots \dots (16)$$

$$-0.50 < f_2 / f < -0.25 \dots \dots \dots (17)$$

$$0.40 < f_3 / f < 1.10 \dots \dots \dots (18)$$

$$0.50 < \Delta s_2 / |\Delta s_3| < 1.50 \dots \dots (19)$$

を満足することを特徴としている。

【0041】

請求項 26 の発明は請求項 24 又は 25 の発明において前記回折面は光軸に対し回転対称な回折格子であり、該回折格子の位相 $\phi(h)$ が

$$\phi(h) = 2\pi / \lambda * (C_1 \cdot h^2 + C_2 \cdot h^4 + C_3 \cdot h^6 + \dots \dots \dots + C_i \cdot h^{2i})$$

λ : 可視域の任意の波長

C_i : 非球面位相係数

h : 光軸からの高さ

で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることを特徴としている。

【 0 0 4 2 】

請求項 2 7 の発明は請求項 2 4 , 2 5 又は 2 6 の発明において前記第 1 レンズ群は最も物体側に正レンズを有することを特徴としている。

【 0 0 4 3 】

請求項 2 8 の発明は請求項 2 4 から 2 7 のいずれか 1 項の発明において前記第 2 レンズ群と、前記第 3 レンズ群の間に絞りを有し該絞りはフォーカシングのとき固定であることを特徴としている。

【 0 0 4 4 】

請求項 2 9 の発明は請求項 2 4 から 2 8 のいずれか 1 項の発明において光路中にフレアカット絞りを有することを特徴としている。

【 0 0 4 5 】

請求項 3 0 の発明は請求項 2 4 から 2 9 のいずれか 1 項の発明において前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群はいずれも接合レンズを有することを特徴としている。

【 0 0 4 6 】

請求項 3 1 の発明の撮影レンズは回折面を有し、物体側より順に正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、負の屈折力の第 4 レンズ群を有する撮影レンズにおいて、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングにさいし第 1 レンズ群が固定、前記第 2 レンズ群が像側へ移動し、前記第 3 レンズ群が前記物体側へ移動することを特徴としている。

【 0 0 4 7 】

請求項 3 2 の発明は請求項 3 1 の発明において
 前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1
 前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2
 前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3
 前記第 4 レンズ群の焦点距離を f_4
 フォーカシングにおける第 2 レンズ群の移動量を ΔS_2
 フォーカシングにおける第 3 レンズ群の移動量を ΔS_3
 全系の焦点距離を f としたとき、

$$0.40 < f_1 / f < 0.70 \dots \dots \dots (20)$$

$$-0.45 < f_2 / f < -0.25 \dots \dots \dots (21)$$

$$0.25 < f_3 / f < 0.55 \dots \dots \dots (22)$$

$$-1.0 < f_4 / f < -0.4 \dots \dots \dots (23)$$

$$0.50 < \Delta s_2 / |\Delta s_3| < 1.50 \dots \dots (24)$$

を満足することを特徴としている請求項の31の撮影レンズ。

【0048】

請求項33の発明は請求項31又は32の発明において第1レンズ群は最も物体側に正レンズを有することを特徴としている。

【0049】

請求項34の発明は請求項31、32又は33の発明において前記第2レンズ群と、第3レンズ群の間に絞りを有し該絞りはフォーカシングのとき固定であることを特徴としている。

【0050】

請求項35の発明は請求項31から34のいずれか1項光路中にフレアカット絞りを有することを特徴としている。

【0051】

請求項36の発明は請求項31～35のいずれか1項の発明において前記第2、第3レンズ群はいずれも接合レンズを有することを特徴としている。

【0052】

請求項37の発明の撮影レンズは回折面を有し、物体側より順に正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群を有する撮影レンズにおいて、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシング時に前記第1レンズ群が固定、前記第2レンズ群が像側へ移動し、第3レンズ群が前記物体側へ移動することを特徴としている。

【0053】

請求項38の発明は請求項37の発明において
前記第1レンズ群の焦点距離を f_1
前記第2レンズ群の焦点距離を f_2

前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3

前記第 4 レンズ群の焦点距離を f_4

フォーカシングにおける第 2 レンズ群の移動量を ΔS_2

フォーカシングにおける第 3 レンズ群の移動量を ΔS_3

全系の焦点距離を f としたとき、

$$0.20 < f_1 / f < 0.60 \dots \dots \dots (25)$$

$$-0.50 < f_2 / f < -0.10 \dots \dots \dots (26)$$

$$0.50 < f_3 / f < 1.50 \dots \dots \dots (27)$$

$$0.70 < f_4 / f < 1.80 \dots \dots \dots (28)$$

$$0.50 < \Delta s_2 / |\Delta s_3| < 4.00 \dots \dots (29)$$

を満足することを特徴としている。

【0054】

請求項 39 の発明は請求項 37 又は 38 の発明において前記回折光学面は光軸
に対し回転対称な回折格子であり、該回折格子の位相 $\phi(h)$ が

$$\phi(h) = 2\pi / \lambda * (C_1 \cdot h^2 + C_2 \cdot h^4 + C_3 \cdot h^6 + \dots \dots \dots + C_i \cdot h^{2i})$$

λ : 可視域の任意の波長

C_i : 非球面位相係数

h : 光軸からの高さ

で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることを特徴としている。

【0055】

請求項 40 の発明は請求項 37, 38 又は 39 の発明においてフォーカシング
時、前記第 4 レンズ群は像面に対し固定であることを特徴としている。

【0056】

請求項 41 の発明は請求項 37 から 40 のいずれか 1 項の発明において光路中

に絞りを有し、該絞りはフォーカシングのとき固定であることを特徴としている。

【0057】

請求項42の発明は請求項37～41いずれか1項の発明において光路中にフレアカット絞りを有することを特徴としている。

【0058】

請求項43の発明の撮影レンズは回折面を有し、フォーカシングに際してレンズ系全体あるいは該レンズ系の一部が移動する撮影レンズにおいて、最大撮影倍率を β としたとき、

$$\beta > 0.5 \dots \dots \dots (30)$$

を満足することを特徴としている。

【0059】

請求項44の発明の光学機器は請求項1から43のいずれか1項の撮影レンズを用いていることを特徴としている。

【0060】

【発明の実施の形態】

図1, 4, 7は第1、第2、第3発明の数値実施例のレンズ断面図である。レンズ断面図において、(A)は等倍撮影時、(B)は撮影倍率が5倍時である。

【0061】

図10は第4発明の数値実施例のレンズ断面図である。レンズ断面図において、(A)は無限遠物体の撮影時、(B)は撮影倍率が等倍時である。

【0062】

図13は第5発明の数値実施例のレンズ断面図である。レンズ断面図において(A)は無限遠物体の撮影時、(B)は撮影倍率が0.5倍時である。

【0063】

図16、図19、図23は第6、第7、第8発明の数値実施例のレンズ断面図である。レンズ断面図において(A)は無限遠物体の撮影時、(B)は撮影倍率が等倍時である。

【0064】

レンズ断面図において L_i は第 i レンズ群、 SP は絞り、 I_p は像面である。
 FC はフレアーカット絞りである。
 本発明では光学系の一部に回折光学素子を設け（回折光学面）で撮影倍率の増大に伴う、諸収差の変動、特に色収差の変動を良好に補正している。

【0065】

このときの回折光学素子は、光軸に対し回転対象な回折格子より成り、回折格子の位相 $\phi(h)$ が、可視域の任意の波長を λ 、非球面位相係数を C_i ($i=1, 2, \dots$)、光軸からの高さを h としたとき

$$\phi(h) = 2\pi/\lambda \cdot (C_1 \cdot h^2 + C_2 \cdot h^4 + C_3 \cdot h^6 + \dots + C_i \cdot h^{2i}) \dots (a)$$
 で与えられている。

【0066】

(ア-1) まず各図に基づく各発明の特徴について順次説明する。

【0067】

図1は第1発明であり撮影レンズ OL はレンズ系中に少なくとも1つの回折光学面を有し、絞り SP に対称型もしくは略対称型をしておりフォーカシングに際しレンズ系全体を移動させるとともに以下の条件式(1)を満足することを特徴としている。

【0068】

$$\beta \geq 0.5 \dots (1)$$

ここで β は最大撮影倍率である。

【0069】

第1発明では第1面を回折光学面としている。
 尚、第1発明においては次の諸条件のうち少なくとも1つを満足させるのがよい。

【0070】

ここで対称型又は略対称型では、次のうち少なくとも1つを満足するレンズ系をいう。

【0071】

絞りに対して屈折力（正であるか負であるか）が同じでレンズ枚数が等しいこと。

【0072】

絞りに対して屈折力（正であるか負であるか）が同じでレンズ枚数が等しく、レンズ面の数が等しいこと。

【0073】

絞りに対して屈折力（正であるか負であるか）が同じでレンズ面の向きが同じであること。

【0074】

（ア-1-1）回折光学面は前述の式（a）で与えられるとき、

$$C1 < 0$$

かつ

$$C2 > 0$$

であることが好ましい。

【0075】

（ア-1-2）フォーカシングにおけるレンズ系全体の最大移動量が以下の条件式（2）を満足することが好ましい。

【0076】

$$|\Delta s / f| > 1.0 \dots \dots (2)$$

ここで Δs は無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングにおけるレンズ群の最大移動量

f は全系の焦点距離である。

【0077】

（ア-2）図4は第2発明であり、撮影レンズOLはレンズ系中に少なくとも1つの回折光学面を有し、正の屈折力の第1レンズ群L1、絞りSP、正の屈折力の第2レンズ群L2からなる略対称型をしており、フォーカシングに際しレンズ系全体を移動させるとともに絞りSP前後の間隔がフォーカシングに伴い変化するフローティングを利用している。

【 0 0 7 8 】

第 2 発明では第 1 面を回折光学面としている。

尚、第 2 発明においては次の諸条件のうちの少なくとも 1 つを満足させるのが良い。

【 0 0 7 9 】

(ア-2-1) 以下の条件を満足することが好ましい。

【 0 0 8 0 】

$$0.7 < f_1 / f < 1.3 \dots\dots\dots (3)$$

$$1.5 < f_2 / f < 2.5 \dots\dots\dots (4)$$

$$0.7 < |\Delta s_1 / \Delta s_2| < 1.3 \dots\dots (5)$$

ここで

f_1 : 第 1 レンズ群の焦点距離

f_2 : 第 2 レンズ群の焦点距離

Δs_1 : フォーカシングにおける第 1 レンズ群の移動量

Δs_2 : フォーカシングにおける第 2 レンズ群の移動量

f : 全系の焦点距離

である。

【 0 0 8 1 】

(ア-2-2) 回折光学面は前述の式 (a) で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることが好ましい。

【 0 0 8 2 】

(ア-2-3) フォーカシングにおける第 1 レンズ群の最大移動量が以下の条件式を満足することが好ましい。

【 0 0 8 3 】

$$|\Delta s_1 / f| > 1.0 \dots\dots\dots (6)$$

ここで Δs_1 : 近距離へのフォーカシングにおける第 1 レンズ群の最大移動量

f : 全系の焦点距離

である。

【0084】

(ア-3) 図7は第3発明であり、撮影レンズOLはレンズ系中に少なくとも1つの回折光学面を有し、物体側より順に正の屈折力を有する第1レンズ群L1、正の屈折力を有する第2レンズ群L2及び最も像側に負レンズ群L4を有し、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに伴って第1レンズ群及び第2レンズ群を物体側に移動させ又該負レンズ群より物体側の空気間隔が増大している。

本発明では第2レンズ群L2の像面側に正の屈折力の第3レンズ群L3を設けている。

第3発明では第3面を回折光学面としている。

尚、第3発明においては次の諸条件のうちの少なくとも1つを満足させるのが良い。

【0085】

(ア-3-1) 以下の条件を満足することが好ましい。

【0086】

$$0.6 < f_1/f < 1.1 \dots \dots \dots (7)$$

$$1.5 < f_2/f < 3.5 \dots \dots \dots (8)$$

$$-6.0 < f_R/f < -2.0 \dots \dots \dots (9)$$

$$0.7 < |\Delta s_1/\Delta s_2| < 1.3 \dots \dots \dots (10)$$

ここで

f_1 : 第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

f_R : 最も像側の負レンズ群の焦点距離

Δs_1 : フォーカシングにおける第1レンズ群の移動量

Δs_2 : フォーカシングにおける第2レンズ群の移動量

f : 全系の焦点距離

である。

【0087】

(ア-3-2) 回折光学面は前述の式 (a) で与えられるとき、

$$C1 < 0$$

かつ

$$C2 > 0$$

であることが好ましい。

【0088】

(ア-3-3) 前記第1レンズ群又は第2レンズ群中に回折光学面を有することが好ましい。

(ア-3-4) 最も像側の負レンズ群はフォーカシング中、固定であることが好ましい。

【0089】

(ア-3-5) 第1レンズ群は以下の条件を満足することが好ましい。

$$|\Delta s1/f| > 1.0 \dots\dots\dots (11)$$

ここで $\Delta s1$: フォーカシングにおける第1レンズ群の移動量

f : 全系の焦点距離

(ア-4) 図10は第4発明であり、撮影レンズは、レンズ系中に少なくとも1つの回折光学面を有し、物体側より順に正の屈折力を有する第1レンズ群L1、負の屈折力を有する第2レンズ群L2を有し、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに伴って、第1レンズ群を物体側に移動させている。第4発明では第8面を回折光学面としている。尚、第4発明においては次の諸条件のうちの少なくとも1つを満足させるのが良い。

【0090】

(ア-4-1) 以下の条件を満足することである。

【0091】

$$0.5 < f1/f < 1.1 \dots\dots\dots (12)$$

$$-2.5 < f2/f < -1.5 \dots\dots\dots (13)$$

ここで

$f1$: 第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

f : 全系の焦点距離

である。

【0092】

(ア-4-2) 第1レンズ群中に回折光学面を有することが好ましい。

【0093】

(ア-4-3) 回折光学面は前述の式 (a) で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることが好ましい。

【0094】

(ア-4-4) 前記第2レンズ群はフォーカシング中、固定であることをが好ましい。

【0095】

(ア-5) 図13は第5発明であり、撮影レンズはレンズ系中に少なくとも1つの回折光学面を有し物体側より順に正の屈折力を有する第1レンズ群L1、正の屈折力を有する第2レンズ群L2を有し、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに伴って、第1レンズ群を物体側に移動させている。

第5発明では第8面を回折光学面としている。

尚、第5発明においては、次の諸条件のうちの少なくとも1つを満足させるのが良い。

【0096】

(ア-5-1) 以下の条件を満足することである。

【0097】

$$0.7 < f_1 / f < 1.3 \dots (14)$$

$$f_2 / f > 1.0 \dots (15)$$

ここで

f_1 : 第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

f : 全系の焦点距離

である。

【0098】

(ア-5-2) 第1レンズ群中に回折光学面を有することが好ましい。

【0099】

(ア-5-3) 回折光学面は前述の式(a)で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることが好ましい。

【0100】

(ア-5-4) 第2レンズ群はフォーカシング中、固定であることが好ましい。

【0101】

(ア-6) 図16は第6発明であり撮影レンズはレンズ系中に少なくとも1つの回折光学面を有し、物体側より順に正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3を有する撮影レンズにおいて、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシング時、第1レンズ群を固定のまま、第2レンズ群L2は像側へ、第3レンズ群L3は物体側へ移動させている。

第6発明では第1面を回折光学面としている。

尚、第6発明においては次の諸条件のうちの少なくとも1つを満足させるのが良い。

【0102】

(ア-6-1) 以下の条件を満足することである。

$$0.40 < f_1/f < 0.65 \dots\dots\dots (16)$$

$$-0.50 < f_2/f < -0.25 \dots\dots\dots (17)$$

$$0.40 < f_3/f < 1.10 \dots\dots\dots (18)$$

$$0.50 < \Delta s_2 / |\Delta s_3| < 1.50 \dots (19)$$

ここで

f_1 : 第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

f_3 : 第3レンズ群の焦点距離

Δs_2 : フォーカシングにおける第2レンズ群の移動量

Δs_3 : フォーカシングにおける第3レンズ群の移動量

f : 全系の焦点距離

である。

【0103】

(アー6-2) 回折光学面は前述の式(a)で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることを特徴とするが好ましい。

【0104】

(アー6-3) 第1レンズ群は最も物体側に正レンズを有することが好ましい。

【0105】

(アー6-4) フォーカシング時、絞りは像面に対し固定であり、第2レンズ群、第3レンズ群の間に位置することを好ましい。

【0106】

(アー6-5) 撮影レンズにおいて光学性能を劣化させる有害光をカットするためのフレアカット絞りを有することを好ましい。

【0107】

(アー6-6) 第2、第3レンズ群は接合レンズを有することである。

【0108】

(アー7) 図19は第7発明であり、撮影レンズはレンズ系中に少なくとも1つの回折光学面を有し、物体側より順に正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈

折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3、負の屈折力の第4レンズ群L4を有する撮影レンズにおいて、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシング時、第1レンズ群を固定のまま、第2レンズ群L2は像側へ、第3レンズ群L3は物体側へ移動させている。

第7発明では第1面を回折光学面としている。

尚、第7発明においては次の諸条件のうちの少なくとも1つを満足させるのが良い。

【0109】

(ア-7-1) 以下の条件を満足することである。

【0110】

$$0.40 < f_1/f < 0.70 \dots \dots \dots (20)$$

$$-0.45 < f_2/f < -0.25 \dots \dots \dots (21)$$

$$0.25 < f_3/f < 0.55 \dots \dots \dots (22)$$

$$-1.0 < f_4/f < -0.4 \dots \dots \dots (23)$$

$$0.50 < \Delta s_2 / |\Delta s_3| < 1.50 \dots \dots (24)$$

ここで

f_1 : 第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

f_3 : 第3レンズ群の焦点距離

f_4 : 第4レンズ群の焦点距離

Δs_2 : フォーカシングにおける第2レンズ群の移動量

Δs_3 : フォーカシングにおける第3レンズ群の移動量

f : 全系の焦点距離

である。

【0111】

(ア-7-2) 第1レンズ群は最も物体側に正レンズを有することが好ましい。

【0112】

(ア-7-3) フォーカシング時、絞りは像面に対し固定であり、第2レンズ

群、第3レンズ群の間に位置することを好ましい。

【0113】

(ア-7-4) 撮影レンズにおいて光学性能を劣化させる有害光をカットするためのフレアカット絞りを有することが好ましい。

【0114】

(ア-7-5) 第2、第3レンズ群は接合レンズを有することが好ましい。

【0115】

(ア-8) 図22は第8発明であり、撮影レンズはレンズ系中に少なくとも1つの回折光学面を有し、物体側より順に正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3、正の屈折力の第4レンズ群L4を有する撮影レンズにおいて、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシング時、第1レンズ群を固定のまま、第2レンズ群L2は像側へ、第3レンズ群L3は物体側へ移動させている。

【0116】

第8発明では第9面を回折光学面としている。

尚、第8発明においては次の諸条件のうち少なくとも1つを満足させるのが良い。

【0117】

(ア-8-1) 以下の条件を満足することである。

【0118】

$$0.20 < f_1/f < 0.60 \dots\dots\dots (25)$$

$$-0.50 < f_2/f < -0.10 \dots\dots\dots (26)$$

$$0.50 < f_3/f < 1.50 \dots\dots\dots (27)$$

$$0.70 < f_4/f < 1.80 \dots\dots\dots (28)$$

$$0.50 < \Delta s_2 / |\Delta s_3| < 4.00 \dots\dots (29)$$

ここで

f_1 : 第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

f_3 : 第3レンズ群の焦点距離

f_4 : 第 4 レンズ群の焦点距離

Δs_2 : フォーカシングにおける第 2 レンズ群の移動量

Δs_3 : フォーカシングにおける第 3 レンズ群の移動量

f : 全系の焦点距離

である。

【 0 1 1 9 】

(ア-8-2) また、回折光学面は前述の式 (a) で与えられるとき、

$$C_1 < 0$$

かつ

$$C_2 > 0$$

であることが好ましい。

【 0 1 2 0 】

(ア-8-3) フォーカシング時、第 4 レンズ群は像面に対し固定であることが好ましい。

【 0 1 2 1 】

(ア-8-4) また、フォーカシング時、絞りは像面に対し固定であることが好ましい。

【 0 1 2 2 】

(ア-8-5) 撮影レンズにおいて性能を劣化させる有害光をカットするためのフレアカット絞りを有することが好ましい。

【 0 1 2 3 】

(ア-8-6) フォーカシングに際し、レンズ系全体あるいはレンズ系の一部を移動させるとともに、回折光学系を有し β を最大撮影倍率を β としたとき以下の条件式を満足することである。

【 0 1 2 4 】

$$\beta > 0.5 \dots \dots \dots (30)$$

次に前述の各発明の特徴及び条件式の技術的な意味について順次説明する。

(イ-1) まず図 1 の第 1 発明について説明する。

【 0 1 2 5 】

一般にマクロレンズにおいて撮影倍率の増加によって軸上色収差及び倍率色収差が増大する。特に撮影倍率に関しては(1)式の範囲で回折光学素子を使用することが色収差補正に効果大きい。尚撮影倍率 β の上限値は $\beta = 10$ 程度までが収差補正上好ましい。又 $C1 < 0$ かつ $C2 > 0$ は球面収差を良好に補正するための条件であり、 $C1 < 0$ は、回折格子の近軸的な屈折力が正であることを意味し、 $C2 > 0$ は、周辺へゆくに従い正の屈折力が徐々に弱まってゆくことを意味している。つまり $C1 < 0$ とすることにより軸上色収差を打ち消すと同時に光学系全系の正の屈折力の一部を回折光学面で負担し、レンズ群が本質的に持つ補正不足の低次の球面収差の発生を抑えている。そして、 $C2 > 0$ とすることにより、同様にレンズ群が本質的にもつ補正不足の比較的高次の球面収差(輪帯球面収差)を打ち消している。この条件からはずれると球面収差と軸上色収差を良好に補正することができなくなるのでよくない。また、回折光学素子による色補正は(2)式の範囲で更に効果的である。

【0126】

(イ-2) 次に図4の第2発明についてせつめいする。

回折光学素子を使用することで高倍率の撮影時での軸上色収差及び倍率色収差補正が容易になるとともに、近距離物体へのフォーカシングに伴い、絞り前後のフォーカス群の間隔を変化させることで特にコマ収差の補正に効果がある。 $C1 < 0$ かつ $C2 > 0$ は球面収差を良好に補正するための条件であり、 $C1 < 0$ は、回折格子の近軸的な屈折力が正であることを意味し、 $C2 > 0$ は、周辺へゆくに従い正の屈折力が徐々に弱まってゆくことを意味している。つまり $C1 < 0$ とすることにより軸上色収差を打ち消すと同時に光学系全系の正の屈折力の一部を回折光学面で負担し、レンズ群が本質的に持つ補正不足の低次の球面収差の発生を抑えている。そして、 $C2 > 0$ とすることにより、同様にレンズ群が本質的にもつ補正不足の比較的高次の球面収差(輪帯球面収差)を打ち消している。この条件からはずれると球面収差と軸上色収差を良好に補正することができなくなるのでよくない。

【0127】

条件式(3)は第1レンズ群のパワー屈折力に関するものである。下限値を超

えて第1レンズ群の正のパワーが強くなるとコンパクト化には有利であるが、レンズバックが減少するとともに撮影倍率の変化にともなう変倍分担が大きくなり、後続するレンズ群での倍率変化も増大することから収差補正が困難となる。

【0128】

また上限値を超えて第1レンズ群のパワーが弱くなると後続する各レンズ群においてもパワーが減少するため収差補正には有利となるが、フォーカシング時の繰り出し量が大きくなるためコンパクト化に不利となる。

【0129】

条件式(4)は第2レンズ群のパワーに関するものである。下限値を超えて第2レンズ群の正のパワーが強くなると繰り出し量の減少には有利であるが、第1レンズ群で発生する球面収差、コマ収差の補正が過剰になる。

【0130】

また上限値を超えてパワーが弱くなると第2レンズ群自体が発生する収差は減少するが、球面収差、コマ収差の補正不足となる。

【0131】

条件式(5)はフォーカシングにともなう第1レンズ群と第2レンズ群の移動量比に関するものである。下限値を超えて第1レンズ群と第2レンズ群の移動量比が小さくなると球面収差が補正不足となり、コマ収差の補正も困難となる。

【0132】

また上限値を超えて第1レンズ群と第2レンズ群の移動量比が大きくなると球面収差が補正過剰となり、コマ収差の補正も困難となる。

【0133】

また、回折光学素子による色補正は(6)式の範囲を満足することで更に効果的となる。

(イ-3) 次に図7の第3発明について説明する。

【0134】

回折光学素子を使用することで高倍率の撮影時での軸上色収差及び倍率色収差補正が容易になる。また近距離物体へのフォーカシングに伴い前群の正レンズ群(第1、第2、第3レンズ群)と後群の負レンズ群(第4レンズ群)の間隔が増

大することで全体としてはパワーが強くなるため、全体繰り出し方式に比べ繰り出し量を減少させることができ有利である。更に全体として正、負の屈折力配置の構成によって前側主点を物体側に近づけることができ、より長いワーキングディスタンスの確保にも有利である。また、第1レンズ群と、第2レンズ群の間隔を変化させることで特にコマ収差補正に効果がある。 $C1 < 0$ かつ $C2 > 0$ は球面収差を良好に補正するための条件であり、 $C1 < 0$ は、回折格子の近軸的な屈折力が正であることを意味し、 $C2 > 0$ は、周辺へゆくに従い正の屈折力が徐々に弱まってゆくことを意味している。つまり $C1 < 0$ とすることにより軸上色収差を打ち消すと同時に光学系全系の正の屈折力の一部を回折光学面で負担し、レンズ群が本質的に持つ補正不足の低次の球面収差の発生を抑えている。そして、 $C2 > 0$ とすることにより、同様にレンズ群が本質的にもつ補正不足の比較的高次の球面収差（輪帯球面収差）を打ち消している。この条件からはずれると球面収差と軸上色収差を良好に補正することができなくなるのでよくない。

【0135】

条件式（7）は第1レンズ群のパワーに関するものである。下限値を超えて第1レンズ群の正のパワーが強くなるとコンパクト化には有利であるが、バックフォーカスが減少するとともに撮影倍率の変化にともなう変倍分担が大きくなり、後続するレンズ群での倍率変化も増大することから収差補正が困難となる。

【0136】

また上限値を超えて第1レンズ群のパワーが弱くなると後続する各レンズ群においてもパワーが減少するため収差補正には有利となるが、フォーカシング時の繰り出し量が大きくなるためコンパクト化に不利となる。

【0137】

条件式（8）は第2レンズ群のパワーに関するものである。下限値を超えて第2レンズ群の正のパワーが強くなると繰り出し量の減少には有利であるが、第1レンズ群で発生する球面収差、コマ収差の補正が過剰になる。

【0138】

また上限値を超えてパワーが弱くなると第2レンズ群自体が発生する収差は減少するが、球面収差、コマ収差の補正不足となる。

【0 1 3 9】

条件式(9)は最も像側の負レンズ群の焦点距離に関するものである。下限値を超えて負レンズ群のパワーが弱くなると収差補正には有利となるが、レンズ全系としての焦点距離の減少が小さく、高倍率を得るためには大きな繰り出し量が必要となるためコンパクト化に有利でない。

【0 1 4 0】

また上限値を超えて負レンズ群の負のパワーが強くなると、繰り出し量を小さくできコンパクト化には有利であるが、歪曲収差の変動が大きくなるとともに像面特性が悪化し、また負レンズ群で発生する収差も悪化することから良好な収差補正にはレンズ構成が複雑になってしまう。

【0 1 4 1】

条件式(10)はフォーカシングにともなう第1レンズ群と第2レンズ群の移動量比に関するものである。下限値を超えて第1レンズ群と第2レンズ群の移動量比が小さくなると球面収差が補正不足となり、コマ収差の補正も困難となる。

【0 1 4 2】

また上限値を超えて第1レンズ群と第2レンズ群の移動量比が大きくなると球面収差が補正過剰となり、コマ収差の補正も困難となる。

【0 1 4 3】

また屈折力が大きく、軸上光束の高さが高い第1レンズ群、第2レンズ群に回折光学素子を使用することが望ましい。更に最も像側の負レンズ群をフォーカシング時、固定することがメカ構造が簡便となり有利である。また、回折光学素子による色補正は(11)式の範囲を満足することで更に効果的となる。

(イ-4) 次の図10の第4発明について説明する。

【0 1 4 4】

回折光学素子を使用することで高倍率の撮影時での軸上色収差及び倍率色収差補正が容易になる。また近距離物体へのフォーカシングに伴い前群の正レンズ群(第1レンズ群)と後群の負レンズ群(第2レンズ群)の間隔が増大することで全体としてはパワーが強くなるため、全体繰り出し方式に比べ繰り出し量を減少させることができ有利である。更に全体として正、負の屈折力配置の構成によっ

て前側主点を物体側に近づけることができ、より長いワーキングディスタンスの確保にも有利である。 $C1 < 0$ かつ $C2 > 0$ は球面収差を良好に補正するための条件であり、 $C1 < 0$ は、回折格子の近軸的な屈折力が正であることを意味し、 $C2 > 0$ は、周辺へゆくに従い正の屈折力が徐々に弱まってゆくことを意味している。つまり $C1 < 0$ とすることにより軸上色収差を打ち消すと同時に光学系全系の正屈折力の一部を回折光学面で負担し、レンズ群が本質的に持つ補正不足の低次の球面収差の発生を抑えている。そして、 $C2 > 0$ とすることにより、同様にレンズ群が本質的にもつ補正不足の比較的高次の球面収差（輪帯球面収差）を打ち消している。この条件からはずれると球面収差と軸上色収差を良好に補正することができなくなるのでよくない。

【 0 1 4 5 】

条件式（12）は第1レンズ群のパワーに関するものである。下限値を超えて第1レンズ群の正のパワーが強くなるとコンパクト化には有利であるが、レンズバックが減少するとともに撮影倍率の変化にともなう変倍分担が大きくなり、後続するレンズ群での倍率変化も増大することから収差補正が困難となる。

【 0 1 4 6 】

また上限値を超えて第1レンズ群のパワーが弱くなると後続する各レンズ群においてもパワーが減少するため収差補正には有利となるが、フォーカシング時の繰り出し量が大きくなるためコンパクト化に不利となる。

【 0 1 4 7 】

条件式（13）は負の屈折力の第2レンズ群の焦点距離に関するものである。下限値を超えて負レンズ群のパワーが弱くなると収差補正には有利となるが、レンズ全系としての焦点距離の減少が小さく、高倍率を得るためには大きな繰り出し量が必要となるためコンパクト化に有利でない。

【 0 1 4 8 】

また上限値を超えて負の屈折力のレンズ群の負のパワーが強くなると、繰り出し量を小さくできコンパクト化には有利であるが、歪曲収差の変動が大きくなるとともに像面特性が悪化し、また負の屈折力のレンズ群で発生する収差も悪化することから良好な収差補正にはレンズ構成が複雑になってしまう。また屈折力

が大きく、軸上光束の高さが高い第1レンズ群に回折光学素子を使用することが望ましい。更に最も像側の負レンズ群をフォーカシング時、固定することがメカ構造が簡便となり有利である。

【0149】

(イー5) 図13の第5発明について説明する。

【0150】

回折光学素子を使用することで高倍率の撮影時での軸上色収差及び倍率色収差補正が容易になる。また近距離物体へのフォーカシング中、重量の重い第1レンズ群を固定し、比較的重量の軽い第2、3レンズ群を移動することによってレンズ駆動の点で有利となる。第2レンズ群のパワーをゆるくし、像面特性、特にコマ収差の補正のために使用することで良好な性能が得られる。 $C1 < 0$ かつ $C2 > 0$ は球面収差を良好に補正するための条件であり、 $C1 < 0$ は、回折格子の近軸的な屈折力が正であることを意味し、 $C2 > 0$ は、周辺へゆくに従い正の屈折力が徐々に弱まってゆくことを意味している。つまり $C1 < 0$ とすることにより軸上色収差を打ち消すと同時に光学系全系の正屈折力の一部を回折光学面で負担し、レンズ群が本質的に持つ補正不足の低次の球面収差の発生を抑えている。そして、 $C2 > 0$ とすることにより、同様にレンズ群が本質的にもつ補正不足の比較的高次の球面収差（輪帯球面収差）を打ち消している。この条件からはずれると球面収差と軸上色収差を良好に補正することができなくなるのでよくない。

【0151】

条件式(14)は第1レンズ群のパワーに関するものである。下限値を超えて第1レンズ群の正のパワーが強くなるとコンパクト化には有利であるが、バックフォーカスが減少するとともに撮影倍率の変化にともなう変倍分担が大きくなり、後続するレンズ群での倍率変化も増大することから収差補正が困難となる。

【0152】

また上限値を超えて第1レンズ群のパワーが弱くなると収差補正には有利となるが、フォーカシング時の繰り出し量が大きくなるためコンパクト化に不利となる。

【0153】

条件式 (15) は正の屈折力の第2レンズ群の焦点距離に関するものである。下限値を超えて第2レンズ群のパワーが強くなるとコマ収差以外の収差への影響が大きくなり、本来の目的であるコマ収差のみのコントロールができなくなり好ましくない。

【0154】

(イ-6) 図16の第6発明について説明する。

回折光学素子を使用することで高倍率の撮影時での軸上色収差及び倍率色収差補正が容易になる。また近距離物体へのフォーカシング中、重量の重い第1レンズ群を固定し、比較的重量の軽い第2、3レンズ群を移動することによってレンズ駆動を容易にしている。 $C1 < 0$ かつ $C2 > 0$ は球面収差を良好に補正するための条件であり、 $C1 < 0$ は、回折格子の近軸的な屈折力が正であることを意味し、 $C2 > 0$ は、周辺へゆくに従い正の屈折力が徐々に弱まってゆくことを意味している。つまり $C1 < 0$ とすることにより軸上色収差を打ち消すと同時に光学系全系の正の屈折力の一部を回折光学面で負担し、レンズ群が本質的に持つ補正不足の低次の球面収差の発生を抑えている。そして、 $C2 > 0$ とすることにより、同様にレンズ群が本質的にもつ補正不足の比較的高次の球面収差（輪帯球面収差）を打ち消している。この条件からはずれると球面収差と軸上色収差を良好に補正することができなくなるのでよくない。

【0155】

条件式 (16) は第1レンズ群のパワーに関する。下限値を超えると第1レンズ群のパワーが強くなり、コンパクト化には有利であるが近距離物体の撮影時での球面収差の変動を良好に補正することが困難となる。逆に上限値を超えると収差補正には有利であるが、コンパクト化は実現しがたい。

【0156】

条件式 (17) は第2レンズ群のパワーに関する。下限値を超えて第2レンズ群のパワーが強くなると、フォーカシング時の移動量を小さくできるが、第2レンズ群を通過した光線の発散作用が強まり、大きな第3レンズ群の径が必要となりオートフォーカスに不利となる。また第2群自体の収差も増大するためフォーカシング時の収差変動を補正することは困難である。逆に上限値を超えると収差

補正には有利となるが、フォーカシング時の移動量が増大するとともに、高い撮影倍率を得ることが困難となる。

【0157】

条件式(18)は第3レンズ群のパワーに関する。下限値を超えて第3レンズ群のパワーが強くなると、フォーカシング時の移動量の点では有利となるが、収差補正上、第2レンズ群の発散作用を強くする必要があり、第3レンズ群の径が大となる。また上限値を超えて第3レンズ群のパワーが弱くなると収差補正上、第2レンズ群の負のパワーも弱くする必要があり、高い撮影倍率を得るには第2、第3双方のレンズ群に大きな移動スペースを要する。

【0158】

条件式(19)はフォーカシングに伴う第2レンズ群および第3レンズ群の移動量に関する。下限値を超えて第2レンズ群の移動量が第3レンズ群の移動量に比して小さくなると第2レンズ群のパワーを増大しなければならず、発散成分が強くなるとともに第3レンズ群の移動量が大きいため撮影面周辺での光量を得るためには第3レンズ群径の増大を招く。また上限値を超えて第2レンズ群の移動量が第3レンズ群の移動量に比して大きくなると第3レンズ群のパワーの増大、第2レンズ群のパワーの減少となり、第2レンズ群、第3レンズ群で発生する収差のキャンセルが困難となる。

【0159】

第1レンズ群の最も物体側においた正レンズによって主点位置を物体側に近づけることができ、より長いワーキングディスタンスを確保できる。

【0160】

絞りをフォーカシング中、像面に対し固定することでメカ構造が簡便となるとともにその位置を第2レンズ群及び第3レンズ群の中間にとることで等倍率撮影時においても十分な光量を確保するとともにコンパクトでありながら口径比を小さくした明るい撮影レンズが実現できる。また、フレアカット絞りによって光学性能を悪化させる軸外光束をカットするが望ましい。

【0161】

また第2、3レンズ群中に含まれる接合レンズの貼り合わせ面によって各群自

体がもつ色収差の絶対値を小さく抑えることができ、フォーカシングにともなう収差変動を良好に補正している。

【0162】

(イー7) 図19の第7発明について説明する。

回折光学素子を使用することで高倍率の撮影時での軸上色収差及び倍率色収差補正が容易になる。また近距離物体へのフォーカシング中、移動する第2レンズ群は像側に、第3レンズ群は物体側に移動し、第4レンズ群は物体側に凸状の軌跡を含むように移動して、主に像面補正に寄与する。 $C1 < 0$ かつ $C2 > 0$ は球面収差を良好に補正するための条件であり、 $C1 < 0$ は、回折格子の近軸的な屈折力が正であることを意味し、 $C2 > 0$ は、周辺へゆくに従い正の屈折力が徐々に弱まってゆくことを意味している。つまり $C1 < 0$ とすることにより軸上色収差を打ち消すと同時に光学系全系の正の屈折力の一部を回折光学面で負担し、レンズ群が本質的に持つ補正不足の低次の球面収差の発生を抑えている。そして、 $C2 > 0$ とすることにより、同様にレンズ群が本質的にもつ補正不足の比較的高次の球面収差（輪帯球面収差）を打ち消している。この条件からはずれると球面収差と軸上色収差を良好に補正することができなくなるのでよくない。

【0163】

条件式(20)は第1レンズ群のパワーに関する。下限値を超えると第1レンズ群のパワーが強くなり、コンパクト化には有利であるが近距離物体撮影時での球面収差変動を補正することが困難となる。逆に上限値を超えると収差補正には有利であるが、コンパクト化は実現しがたい。

【0164】

条件式(21)は第2レンズ群のパワーに関する。下限値を超えて第2レンズ群のパワーが強くなると、フォーカシング時の移動量を小さくできるが、第2レンズ群を通過した光線の発散作用が強まり、大きな第3レンズ群の径が必要となりオートフォーカスに不利となる。また第2群自体の収差も増大するためフォーカシング時の収差変動を補正することは困難である。逆に上限値を超えると収差補正には有利となるが、フォーカシング時の移動量が増大するとともに、高い撮影倍率を得ることが困難となる。

【 0 1 6 5 】

条件式 (2 2) は第 3 レンズ群のパワーに関する。下限値を超えて第 3 レンズ群のパワーが強くなると、フォーカシング時の移動量の点では有利となるが、収差補正上、第 2 レンズ群の発散作用を強くする必要があり、第 3 レンズ群の径が大となる。また上限値を超えて第 3 レンズ群のパワーが弱くなると収差補正上、第 2 レンズ群の負のパワーも弱くする必要があり、高い撮影倍率を得るには第 2、第 3 双方のレンズ群に大きな移動スペースを要する。

【 0 1 6 6 】

条件式 (2 3) は第 4 レンズ群のパワーに関する。下限値を超えて第 4 レンズ群のパワーが弱くなると像面補正のために要する移動量が大きくなり、レンズ全長が大きくなりコンパクト化に不利となる。また上限値を超えて第 4 レンズ群のパワーが強くなると移動スペースの点では有利となるが第 4 群自体が発生する収差が増大し、補正が容易でなくなる。

【 0 1 6 7 】

条件式 (2 4) はフォーカシングに伴う第 2 レンズ群および第 3 レンズ群の移動量に関する。下限値を超えて第 2 レンズ群の移動量が第 3 レンズ群の移動量に比して小さくなると第 2 レンズ群のパワーを増大しなければならず、発散成分が強くなるとともに第 3 レンズ群の移動量が大きいため撮影面周辺での光量を得るためには第 3 レンズ群の径の増大を招く。また上限値を超えて第 2 レンズ群の移動量が第 3 レンズ群の移動量に比して大きくなると第 3 レンズ群のパワーの増大、第 2 レンズ群のパワーの減少となり、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群で発生する収差のキャンセルが困難となる。

【 0 1 6 8 】

第 1 レンズ群の最も物体側においた正レンズによって主点位置を物体側に近づけることができ、より長いワーキングディスタンスを確保できる。

【 0 1 6 9 】

絞りをフォーカシング中、像面に対し固定することでメカ構造が簡便となるとともにその位置を第 2 レンズ群及び第 3 レンズ群の間にとることで等倍率撮影時においても十分な光量を確保するとともにコンパクトでありながら口径比を小

さくした明るい撮影レンズが実現できる。また、フレアカット絞りによって性能を悪化させる軸外光束をカットするが望ましい。

【0 1 7 0】

また第2、第3レンズ群中に含まれる接合レンズの貼り合わせ面によって各群自体がもつ色収差の絶対値を小さく抑えることができ、フォーカシングにともなう収差変動を良好に補正している。

【0 1 7 1】

(イ-8) 図22の第8発明について説明する。

【0 1 7 2】

回折光学素子を使用することで高倍率の撮影時での軸上色収差及び倍率色収差補正が容易になる。また近距離物体へのフォーカシンに伴い第2レンズ群は像側に、第3レンズ群は物体側に移動する $C1 < 0$ かつ $C2 > 0$ は球面収差を良好に補正するための条件であり、 $C1 < 0$ は、回折格子の近軸的な屈折力が正であることを意味し、 $C2 > 0$ は、周辺へゆくに従い正の屈折力が徐々に弱まってゆくことを意味している。つまり $C1 < 0$ とすることにより軸上色収差を打ち消すと同時に光学系全系の正の屈折力の一部を回折光学面で負担し、レンズ群が本質的に持つ補正不足の低次の球面収差の発生を抑えている。そして、 $C2 > 0$ とすることにより、同様にレンズ群が本質的にもつ補正不足の比較的高次の球面収差（輪帯球面収差）を打ち消している。この条件からはずれると球面収差と軸上色収差を良好に補正することができなくなるのでよくない。

【0 1 7 3】

条件式(25)は第1レンズ群のパワーに関する。下限値を超えると第1レンズ群のパワーが強くなり、コンパクト化には有利であるが近距離物体の撮影時での球面収差の変動を補正することが困難となる。逆に上限値を超えると収差補正には有利であるが、コンパクト化は実現しがたい。

【0 1 7 4】

条件式(26)は第2レンズ群のパワーに関する。下限値を超えて第2レンズ群のパワーが強くなると、フォーカシング時の移動量を小さくできるが、第2レンズ群を通過した光線の発散作用が強まり、大きな径の第3レンズ群が必要とな

リオートフォーカスに不利となる。また第2群自体の収差も増大するためフォーカシング時の収差変動を補正することは困難である。逆に上限値を超えると収差補正には有利となるが、フォーカシング時の移動量が増大するとともに、高い撮影倍率を得ることが困難となる。

【0175】

条件式(27)は第3レンズ群のパワーに関する。下限値を超えて第3レンズ群のパワーが強くなると、フォーカシング時の移動量の点では有利となるが、収差補正上、第2レンズ群の発散作用を強くする必要があり、第3レンズ群の径が大となる。また上限値を超えて第3レンズ群のパワーが弱くなると収差補正上、第2レンズ群の負のパワーも弱くする必要があり、高い撮影倍率を得るには第2、第3レンズ系双方のレンズ群に大きな移動スペースを要する。

【0176】

条件式(28)は第4レンズ群のパワーに関する。下限値を超えて第4レンズ群のパワーが強くなると移動スペースの点では有利となるが第4レンズ群自体が発生する収差が増大し、補正が容易でなくなる。また上限値を超えて第4レンズ群のパワーが弱くなると高撮影倍率を得るためには他のレンズ群の撮影倍率を増加しなければならず収差補正が困難となる。

【0177】

条件式(29)はフォーカシングに伴う第2レンズ群および第3レンズ群の移動量に関する。下限値を超えて第2レンズ群の移動量が第3レンズ群の移動量に比して小さくなると第2レンズ群のパワーを増大しなければならず、発散成分が強くなるとともに第3レンズ群の移動量が大きいため撮影面周辺での光量を得るためには第3レンズ群の径の増大を招く。また上限値を超えて第2レンズ群の移動量が第3レンズ群の移動量に比して大きくなると第3レンズ群のパワーの増大、第2レンズ群のパワーの減少となり、第2レンズ群、第3レンズ群で発生する収差のキャンセルが困難となる。

【0178】

絞りをフォーカシング中、像面に対し固定することでメカ構造が簡便となるとともにその位置を第2レンズ群及び第3レンズ群の間にとることで等倍率撮影

時においても十分な光量を確保するとともにコンパクトでありながら口径比を小さくした明るい撮影レンズが実現できる。また、フレアカット絞りによって性能を悪化させる軸外光束をカットするが望ましい。

【 0 1 7 9 】

また第2、第3レンズ群中に含まれる接合レンズの貼り合わせ面によって各レンズ群自体がもつ色収差の絶対値を小さく抑えることができ、フォーカシングにともなう収差変動を良好に補正している。

【 0 1 8 0 】

本実施形態で用いている回折光学素子の構成としては図25に示す1層のキノフォーム形状の1層構成のものや、図27に示すような格子厚の異なる（又は、同一の）2つの層を積層した2層構成のもの等が適用可能である。

【 0 1 8 1 】

図26は図25に示す回折光学素子101の1次回折光の回折効率の波長依存特性である。実際の回折光学素子101の構成は、基材102の表面に紫外線硬化樹脂を塗布し、樹脂部に波長530nmで1次回折光の回折効率が100%となるような格子厚dの回折格子103を形成している。

【 0 1 8 2 】

図26で明らかなように設計次数の回折効率は最適化した波長530nmから離れるに従って低下し、一方設計次数近傍の次数の0次回折光と2次回折光の回折効率が増大している。その設計次数以外の回折光の増加はフレアとなり、光学系の解像度の低下につながる。

【 0 1 8 3 】

図27に示す2つの回折格子104、105を積層した積層型の回折光学素子の1次回折光の回折効率の波長依存特性を図28に示す。

【 0 1 8 4 】

図27では基材102上に紫外線硬化樹脂（ $n_d = 1.499$ 、 $v_d = 54$ ）からなる第1の回折格子104を形成し、その上に別の紫外線硬化樹脂（ $n_d = 1.598$ 、 $v_d = 28$ ）からなる第2の回折格子105を形成している。この材質の組み合わせでは、第1の回折格子104の格子厚d1は $d_1 = 13.8 \mu$

m、第2の回折格子105の格子厚 d_2 は $d_2 = 10.5 \mu\text{m}$ としている。

【0185】

図28から分かるように積層構造の回折光学素子にすることで、設計次数の回折効率、使用波長全域で95%以上の高い回折効率を有している。

【0186】

尚、前述の積層構造の回折光学素子として、材質を紫外線硬化樹脂に限定するものではなく、他のプラスチック材質も使用できるし、基材によっては第1の回折格子104を直接基材に形成しても良い。また各格子厚が必ずしも異なる必要はなく、材料の組み合わせによっては図29に示すように2つの回折格子104と105の格子厚を等しくしても良い。

【0187】

この場合は、回折光学素子の表面に格子形状が形成されないので、防塵性に優れ、回折光学素子の組立作業性を向上させることができる。

次に本発明の撮影レンズを用いていた光学機器の実施形態を図30を用いて説明する。

【0188】

図30において、10はカメラ本体、11は本発明の撮影レンズ、12は撮影レンズ11によって被写体像を受光するCCD等の撮像素子、13は撮像素子12が受光した被写体像を記録する記録手段、14は不図示の表示素子に表示された被写体像を観察するためのファインダーである。上記表示素子は液晶パネル等によって構成され、撮像素子12上に形成された被写体像が表示される。

【0189】

このように本発明の撮影レンズをビデオカメラ等の光学機器に適用することにより、小型で高い光学性能を有する光学機器を実現している。

【0190】

次に本発明の数値実施例を示す。数値実施例において r_i は物体側より順に第 i 番目のレンズ面の曲率半径、 d_i は物体側より順に第 i 番目の面と第 $(i+1)$ 番目の面の間隔、 n_i と v_i は各々物体側より順に第 i 番目の光学部材のガラスの屈折率とアッベ数である。又、前途の各条件式と数値実施例の関係を表-1

に示す。

又 (a) 式で表す。回折格子の位相係数 C_1 、 C_2 、 C_3 を示す。

ここで f 、 F_{no} 、 2ω はそれぞれ無限遠物体に焦点を合わせたときの全系の焦点距離、 F ナンバー、画角を表わしている。 λ は 587.6 nm (d 線) と設定している。

【0191】

【外1】

数値実施例1	$f = 34.73836$	$f_{no} = 1:2.90$ (無限換算)		
$r_1 = 19.963$ (回折面)	$d_1 = 2.47$	$n_1 = 1.77250$	$v_1 = 49.6$	
$r_2 = 76.991$	$d_2 = 0.10$			
$r_3 = 12.335$	$d_3 = 3.40$	$n_2 = 1.74950$	$v_2 = 35.3$	
$r_4 = -346.452$	$d_4 = 1.80$	$n_3 = 1.76182$	$v_3 = 26.5$	
$r_5 = 9.016$	$d_5 = 3.72$			
$r_6 = 0.000$ (絞り)	$d_6 = 4.82$			
$r_7 = -9.410$	$d_7 = 1.00$	$n_4 = 1.74950$	$v_4 = 35.3$	
$r_8 = 608.440$	$d_8 = 2.16$	$n_5 = 1.60342$	$v_5 = 38.0$	
$r_9 = -12.430$	$d_9 = 0.10$			
$r_{10} = -389.588$	$d_{10} = 1.58$	$n_6 = 1.83481$	$v_6 = 42.7$	
$r_{11} = -26.840$				

【0192】

$$C_1 = -4.29790 \times 10^{-4}$$

$$C_2 = 2.33200 \times 10^{-6}$$

$$C_3 = 2.65280 \times 10^{-8}$$

【0193】

【外 2】

数值実施例 2 f= 35.49980

fno=1:2.89

(無限換算)

r 1=	27.173(回折面)	d 1=	1.50	n 1=	1.83481	v 1=	42.7
r 2=	85.947	d 2=	0.10				
r 3=	12.208	d 3=	1.82	n 2=	1.83481	v 2=	42.7
r 4=	37.535	d 4=	3.02	n 3=	1.72825	v 3=	28.5
r 5=	9.009	d 5=	2.67				
r 6=	0.000(絞り)	d 6=	可変				
r 7=	-9.457	d 7=	0.95	n 4=	1.70154	v 4=	41.2
r 8=	-110.551	d 8=	2.48	n 5=	1.48749	v 5=	70.2
r 9=	-11.716	d 9=	0.10				
r10=	-190.444	d10=	2.00	n 6=	1.83481	v 6=	42.7
r11=	-22.871						

焦点距離 可変間隔	35.50	34.45	34.09
d 6	7.34	5.17	4.40

【0 1 9 4】

$$C_1 = -4.40490 \times 10^{-4}$$

$$C_2 = 2.05200 \times 10^{-6}$$

$$C_3 = -2.89490 \times 10^{-8}$$

【0 1 9 5】

【外 3】

数值实施例 3 $f = 62.23951$

$f_{n0} = 1:2.89$

(無限換算)

$r_1 = 27.396$ (回折面)	$d_1 = 4.11$	$n_1 = 1.74950$	$v_1 = 35.3$
$r_2 = -1624.249$	$d_2 = 0.15$		
$r_3 = 23.335$	$d_3 = 3.88$	$n_2 = 1.48749$	$v_2 = 70.2$
$r_4 = -97.857$	$d_4 = 2.31$	$n_3 = 1.58144$	$v_3 = 40.8$
$r_5 = 15.382$	$d_5 = 3.15$		
$r_6 = 0.000$ (絞り)	$d_6 = \text{可変}$		
$r_7 = -15.645$	$d_7 = 4.41$	$n_4 = 1.72151$	$v_4 = 29.2$
$r_8 = 246.091$	$d_8 = 3.58$	$n_5 = 1.48749$	$v_5 = 70.2$
$r_9 = -20.794$	$d_9 = 0.15$		
$r_{10} = 2069.848$	$d_{10} = 5.20$	$n_6 = 1.74950$	$v_6 = 35.3$
$r_{11} = -39.113$	$d_{11} = \text{可変}$		
$r_{12} = 626.291$	$d_{12} = 3.76$	$n_7 = 1.60311$	$v_7 = 60.6$
$r_{13} = -149.414$	$d_{13} = \text{可変}$		
$r_{14} = -31.407$	$d_{14} = 2.81$	$n_8 = 1.80400$	$v_8 = 46.6$
$r_{15} = -29.046$	$d_{15} = 3.64$		
$r_{16} = -44.675$	$d_{16} = 2.03$	$n_9 = 1.58144$	$v_9 = 40.8$
$r_{17} = 44.675$	$d_{17} = 6.08$		
$r_{18} = 69.611$	$d_{18} = 5.51$	$n_{10} = 1.74950$	$v_{10} = 35.3$
$r_{19} = -122.794$			

焦点距離 可変間隔	62.24	38.40	47.48
d 6	6.54	2.64	4.53
d 11	2.07	5.96	4.08
d 13	3.57	132.48	68.95

【0 1 9 6】

$$C_1 = -2.47800 \times 10^{-4}$$

$$C_2 = 1.91620 \times 10^{-7}$$

$$C_3 = -5.36610 \times 10^{-9}$$

【0 1 9 7】

【外 4】

数值実施例 4 $f = 99.27126$ $fno = 1:2.89$ $2w = 24.2^\circ$

r 1=	74.700	d 1=	4.20	n 1=	1.71300	v 1=	53.9
r 2=	167.876	d 2=	0.10				
r 3=	60.406	d 3=	4.20	n 2=	1.83481	v 2=	42.7
r 4=	90.573	d 4=	9.63				
r 5=	85.823	d 5=	6.31	n 3=	1.83400	v 3=	37.2
r 6=	-4510.219	d 6=	0.74				
r 7=	-121.466	d 7=	1.80	n 4=	1.78472	v 4=	25.7
r 8=	54.598 (回折面)	d 8=	3.56				
r 9=	0.000 (絞り)	d 9=	3.54				
r10=	-56.200	d10=	1.80	n 5=	1.60342	v 5=	38.0
r11=	-581.487	d11=	4.50	n 6=	1.83481	v 6=	42.7
r12=	-60.821	d12=	1.80				
r13=	348.604	d13=	4.00	n 7=	1.83400	v 7=	37.2
r14=	-114.818	d14=可変					
r15=	50.780	d15=	4.00	n 8=	1.83481	v 8=	42.7
r16=	-239.199	d16=	0.10				
r17=	-248.580	d17=	3.00	n 9=	1.77250	v 9=	49.6
r18=	30.282	d18=	14.72				
r19=	31.589	d19=	4.00	n10=	1.48749	v10=	70.2
r20=	35.273						

焦点距離 可変間隔	99.27	82.54	70.64
d 14	1.34	34.44	67.54

【0 1 9 8】

$$C_1 = -2.64080 \times 10^{-4}$$

$$C_2 = 3.91710 \times 10^{-7}$$

$$C_3 = -5.60150 \times 10^{-10}$$

【0 1 9 9】

【外 5】

数值实施例 5 $f = 50.99860$ $f_{no} = 1:2.54$ $2w = 46.2^\circ$

$r_1 = 63.795$	$d_1 = 2.46$	$n_1 = 1.83481$	$v_1 = 42.7$
$r_2 = -729.779$	$d_2 = 0.10$		
$r_3 = 25.603$	$d_3 = 2.48$	$n_2 = 1.83400$	$v_2 = 37.2$
$r_4 = 42.873$	$d_4 = 0.54$		
$r_5 = 91.192$	$d_5 = 1.60$	$n_3 = 1.58144$	$v_3 = 40.8$
$r_6 = 19.075$	$d_6 = 4.01$		
$r_7 = 0.000$ (校り)	$d_7 = 5.35$		
$r_8 = -32.043$ (回折面)	$d_8 = 4.02$	$n_4 = 1.84666$	$v_4 = 23.8$
$r_9 = -28.091$	$d_9 = 1.83$		
$r_{10} = -16.673$	$d_{10} = 1.99$	$n_5 = 1.76182$	$v_5 = 26.5$
$r_{11} = -229.644$	$d_{11} = 5.21$	$n_6 = 1.83481$	$v_6 = 42.7$
$r_{12} = -25.272$	$d_{12} = 0.10$		
$r_{13} = -88.671$	$d_{13} = 4.04$	$n_7 = 1.77250$	$v_7 = 49.6$
$r_{14} = -32.149$	$d_{14} = \text{可変}$		
$r_{15} = 62.857$	$d_{15} = 1.60$	$n_8 = 1.66672$	$v_8 = 48.3$
$r_{16} = 41.955$	$d_{16} = 1.78$		
$r_{17} = 102.154$	$d_{17} = 2.81$	$n_9 = 1.58144$	$v_9 = 40.8$
$r_{18} = -3539.971$			

焦点距離 可変間隔	51.00	51.99	51.25
d 14	0.10	27.33	7.00

【0 2 0 0】

$$C_1 = -5.36620 \times 10^{-4}$$

$$C_2 = 1.8219 \times 10^{-6}$$

$$C_3 = -1.16900 \times 10^{-8}$$

【0 2 0 1】

【外 6】

数值实施例 6 $f = 97.17317$ $fno = 1:2.92$ $2w = 25.1^\circ$

r 1= 97.364(回折面)	d 1= 5.58	n 1=1.77250	v 1= 49.6
r 2= -874.343	d 2= 0.15		
r 3= 45.893	d 3= 11.14	n 2=1.60311	v 2= 60.6
r 4= -78.345	d 4= 1.85	n 3=1.69895	v 3= 30.1
r 5= 39.713	d 5= 1.23		
r 6= 53.194	d 6= 4.46	n 4=1.88300	v 4= 40.8
r 7= 3001.149	d 7=可変		
r 8= -9270.720	d 8= 1.40	n 5=1.60311	v 5= 60.6
r 9= 19.633	d 9= 5.95		
r10= -103.710	d10= 1.40	n 6=1.48749	v 6= 70.2
r11= 21.843	d11= 4.28	n 7=1.83400	v 7= 37.2
r12= 95.936	d12=可変		
r13= 0.000(絞り)	d13= 2.00		
	d13=可変		
r14=	d14= 3.89	n 8=1.48749	v 8= 70.2
r15= -45.107	d15= 7.93		
r16= 67.660	d16= 6.90	n 9=1.48749	v 9= 70.2
r17= -48.739	d17= 1.60	n10=1.69895	v10= 30.1
r18= -644.867			

焦点距離 可変間隔	97.17	100.25	81.21	100.60
d 7	1.35	11.39	22.39	3.35
d 12	23.31	13.27	2.27	21.31
d 14	20.95	8.82	3.95	18.52

【0 2 0 2】

$$C_1 = -1.80290 \times 10^{-4}$$

$$C_2 = 1.80250 \times 10^{-7}$$

$$C_3 = -6.31770 \times 10^{-11}$$

【0 2 0 3】

【外 7】

数值实施例 7 $f = 102.00810$ $fno = 1:2.92$ $2w = 24.0^\circ$

r 1= 75.531(回折面)	d 1= 6.66	n 1=1.62299	v 1= 58.2
r 2= -219.065	d 2= 1.69		
r 3= 53.554	d 3= 9.00	n 2=1.48749	v 2= 70.2
r 4= -77.180	d 4= 1.85	n 3=1.76182	v 3= 26.5
r 5= 334.737	d 5= 0.15		
r 6= 62.354	d 6= 3.00	n 4=1.48749	v 4= 70.2
r 7= 120.850	d 7=可変		
r 8= 437.638	d 8= 1.40	n 5=1.83481	v 5= 42.7
r 9= 26.341	d 9= 4.00		
r10= -92.098	d10= 1.40	n 6=1.51742	v 6= 52.4
r11= 29.186	d11= 3.84	n 7=1.84666	v 7= 23.8
r12= 226.004	d12=可変		
r13= 0.000(絞り)	d13= 2.00		
	d13=可変		
r14= 713.988	d14= 4.16	n 8=1.48749	v 8= 70.2
r15= -42.824	d15= 8.29		
r16= 56.648	d16= 8.36	n 9=1.77250	v 9= 49.6
r17= -33.585	d17= 1.60	n10=1.76182	v10= 26.5
r18= 394.039	d18=可変		
r19= -75.442	d19= 7.55	n11=1.84666	v11= 23.8
r20= -25.037	d20= 1.60	n12=1.83400	v12= 37.2
r21= 196.576			

焦点距離 可変間隔	102.01	81.42	59.36
d 7	3.41	11.85	21.73
d 12	20.47	12.03	2.15
d 14	20.00	9.86	3.00
d 19	7.87	17.26	25.22

【0 2 0 4】

$$C_1 = -9.18820 \times 10^{-5}$$

$$C_2 = 1.19170 \times 10^{-7}$$

$$C_3 = -5.64890 \times 10^{-11}$$

【0 2 0 5】

【外 8】

数値実施例 8 $f = 180.00418$ $fno = 1:3.60$ $2w = 13.7^\circ$

r 1=	-250.911	d 1=	3.55	n 1=	1.51633	v 1=	64.1
r 2=	-111.510	d 2=	0.15				
r 3=	101.658	d 3=	8.97	n 2=	1.48749	v 2=	70.2
r 4=	-93.826	d 4=	1.89				
r 5=	-86.687	d 5=	2.70	n 3=	1.83400	v 3=	37.2
r 6=	-847.355	d 6=	0.15				
r 7=	51.759	d 7=	5.75	n 4=	1.48749	v 4=	70.2
r 8=	158.800	d 8=	11.13				
r 9=	51.995(回折面)	d 9=	2.90	n 5=	1.83481	v 5=	42.7
r10=	37.408	d10=	2.49				
r11=	73.131	d11=	3.95	n 6=	1.48749	v 6=	70.2
r12=	-247.516	d12=可変					
r13=	-2186.697	d13=	1.80	n 7=	1.83481	v 7=	42.7
r14=	47.336	d14=	4.10				
r15=	-95.398	d15=	1.60	n 8=	1.48749	v 8=	70.2
r16=	52.429	d16=	4.22	n 9=	1.84666	v 9=	23.8
r17=	358.965	d17=可変					
r18=	0.000(絞リ)	d18=可変					
r19=	38.007	d19=	5.16	n10=	1.71999	v10=	50.2
r20=	3906.039	d20=	0.15				
r21=	85.129	d21=	4.70	n11=	1.51633	v11=	64.1
r22=	-52.785	d22=	3.22	n12=	1.58144	v12=	40.8
r23=	26.620	d23=可変					
r24=	-24.417	d24=	3.00	n13=	1.84666	v13=	23.8
r25=	-27.162	d25=	0.15				
r26=	60.116	d26=	4.38	n14=	1.48749	v14=	70.2
r27=	200.876						

焦点距離 可変間隔	180.00	154.85	116.55
d 12	2.36	19.23	35.71
d 17	35.50	18.63	2.15
d 18	12.30	6.33	0.50
d 23	25.30	31.28	37.11

【0 2 0 6】

$$C_1 = -7.70900 \times 10^{-5}$$

$$C_2 = 2.96510^{-8}$$

$$C_3 = -2.13700 \times 10^{-11}$$

前述の実施例における回折光学素子部の回折格子形状 1 0 1 は図 1 0 1 に示すキノフォーム形状をしていた。図 1 0 2 は図 1 0 1 に示す回折光学素子の 1 次回折効率の波長依存特性を示している。実際の回折格子の構成は、前述した基材 1 0 2 の表面に紫外線硬化樹脂を塗布し、樹脂部に波長 530 nm で 1 次回折効率が 100% となるような格子厚 d の格子 1 0 3 を形成している。図 1 0 2 で明ら

かなように設計次数での回折効率は最適化した波長 530 nm から離れるに従って低下し、一方設計次数近傍の次数 0 次、2 次回折光が増大している。この設計次数以外の回折光の増加は、フレアとなり、光学系の解像度の低下につながる。そこで図 103 に示す積層型の回折格子を本発明の実施例における回折光学素子部の格子形状とする。図 104 はこの構成の回折光学素子の 1 次回折効率の波長依存特性である。具体的な構成としては、基材上に紫外線硬化樹脂 ($n_d = 1.499$ 、 $v_d = 54$) からなる第 1 の回折格子 104 を形成し、その上に別の紫外線硬化樹脂 ($n_d = 1.598$ 、 $v_d = 28$) からなる第 2 の回折格子 105 を形成している。この材質の組み合わせでは、第 1 の回折格子部の格子厚 d_1 は $d_1 = 13.8 \mu m$ 、第 2 の回折格子部の格子厚 d_2 は $d_2 = 10.5 \mu m$ としている。図 104 からわかるように積層構造の回折格子にすることで、設計次数の回折効率は、使用波長域全域で 95% 以上の高い回折効率を有している。図 106 にこの場合の空間周波数に対する MTF 特性を示す。積層構造の回折格子を用いることで、低周波数の MTF は改善され、所望の MTF 特性が得られている。このように、本発明の実施例の回折光学素子として積層構造の回折格子を用いることで、光学性能はさらに改善される。

【0207】

なお前述の積層構造の回折光学素子として、材質を紫外線硬化樹脂に限定するものではなく、他のプラスチック材なども使用できるし、基材によっては、第 1 の回折格子部 104 を直接基材に形成してもよい。また各格子厚が異なる必要はなく、材料の組み合わせによっては図 105 に示すように 2 つの格子厚を等しくできる。この場合は、回折光学素子表面に格子形状が形成されないので、防塵性に優れ、回折光学素子の組み立て作業性が向上し、より安価な光学系を提供できる。

【0208】

【発明の効果】

本発明によれば、無限遠物体から近距離物体に至る、特に撮影倍率が 1/2 倍付近に至る広範囲の物体に対して焦点を合わせ（フォーカス）をする際の収差変動を良好に補正した高い光学性能を有した撮影レンズ及びそれを用いた光学機器

を達成することができる。

【 0 2 0 9 】

この他本発明によれば光学系の一部に回折光学素子を使用することで撮影倍率の増大によって悪化する軸上色収差や倍率色収差を良好に補正した撮影レンズ及びそれを用いた光学機器を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施例 1 のレンズ断面図。

【図 2】 本発明の実施例 1 の等倍撮影状態のレンズ収差図。

【図 3】 本発明の実施例 1 の 5. 0 × 撮影状態のレンズ収差図。

【図 4】 本発明の実施例 2 のレンズ断面図。

【図 5】 本発明の実施例 2 の等倍撮影状態のレンズ収差図。

【図 6】 本発明の実施例 2 の 5. 0 × 撮影状態のレンズ収差図。

【図 7】 本発明の実施例 3 ののレンズ断面図。

【図 8】 本発明の実施例 3 の等倍撮影状態のレンズ収差図。

【図 9】 本発明の実施例 3 の 5. 0 × 撮影状態のレンズ収差図。

【図 1 0】 本発明の実施例 4 のレンズ断面図。

【図 1 1】 本発明の実施例 4 の ∞ 撮影状態のレンズ収差図。

【図 1 2】 本発明の実施例 4 の等倍撮影状態のレンズ収差図。

【図 1 3】 本発明の実施例 5 のレンズ断面図。

【図 1 4】 本発明の実施例 5 の ∞ 撮影状態のレンズ収差図。

【図 1 5】 本発明の実施例 5 の 0. 5 × 撮影状態のレンズ収差図。

【図 1 6】 本発明の実施例 6 のレンズ断面図。

【図 1 7】 本発明の実施例 6 の ∞ 撮影状態のレンズ収差図。

【図 1 8】 本発明の実施例 6 の等倍撮影状態のレンズ収差図。

【図 1 9】 本発明の実施例 7 のレンズ断面図。

【図 2 0】 本発明の実施例 7 の ∞ 等倍撮影状態のレンズ収差図。

【図 2 1】 本発明の実施例 7 の等倍撮影状態のレンズ収差図。

【図 2 2】 本発明の実施例 8 のレンズ断面図。

【図 2 3】 本発明の実施例 8 の ∞ 撮影状態のレンズ収差図。

【図 2 4】本発明の実施例 8 の等倍撮影状態のレンズ収差図。

【図 2 5】本発明に係る回折光学素子の説明図。

【図 2 6】本発明に係る回折光学素子の波長依存特性の説明図。

【図 2 7】本発明に係る回折光学素子の説明図。

【図 2 8】本発明に係る回折光学素子の波長依存特性の説明図。

【図 2 9】本発明に係る回折光学素子の説明図。

【図 3 0】本発明の光学機器の要部概略図。

【符号の説明】

L 1 1 群

L 2 2 群

L 3 3 群

S P 絞り

I P : 像面

d d 線

g g 線

S サジタル像面

M メリディオナル像面

1 0 カメラ本体

1 1 撮影レンズ

1 2 撮像素子

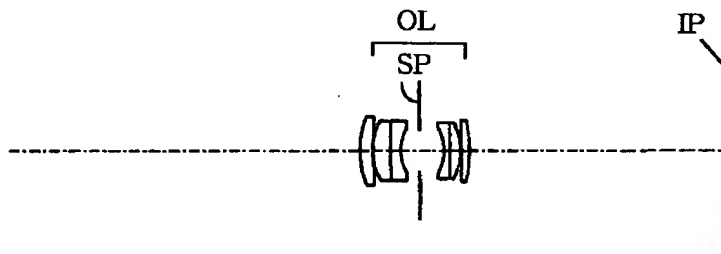
1 3 記録手段

1 4 ファインダー

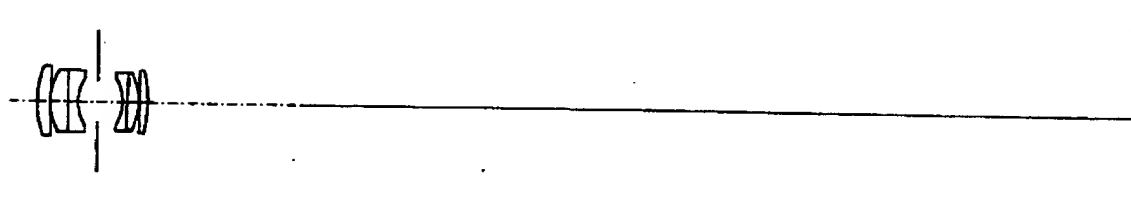
【書類名】 図面

【図 1】

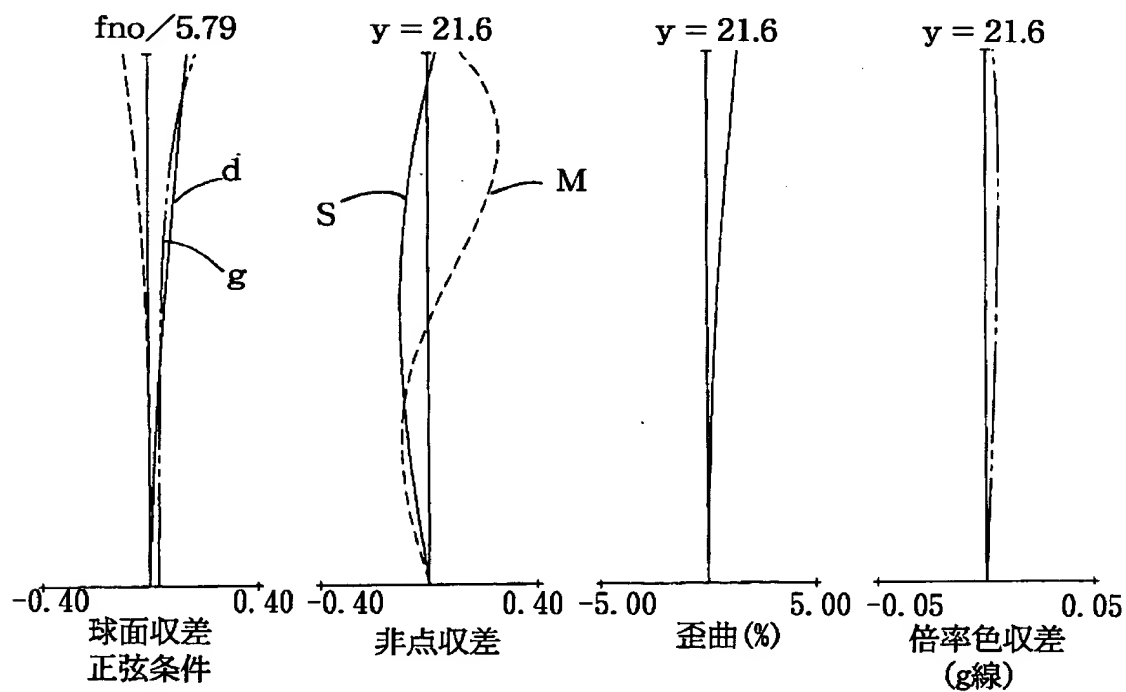
(A)



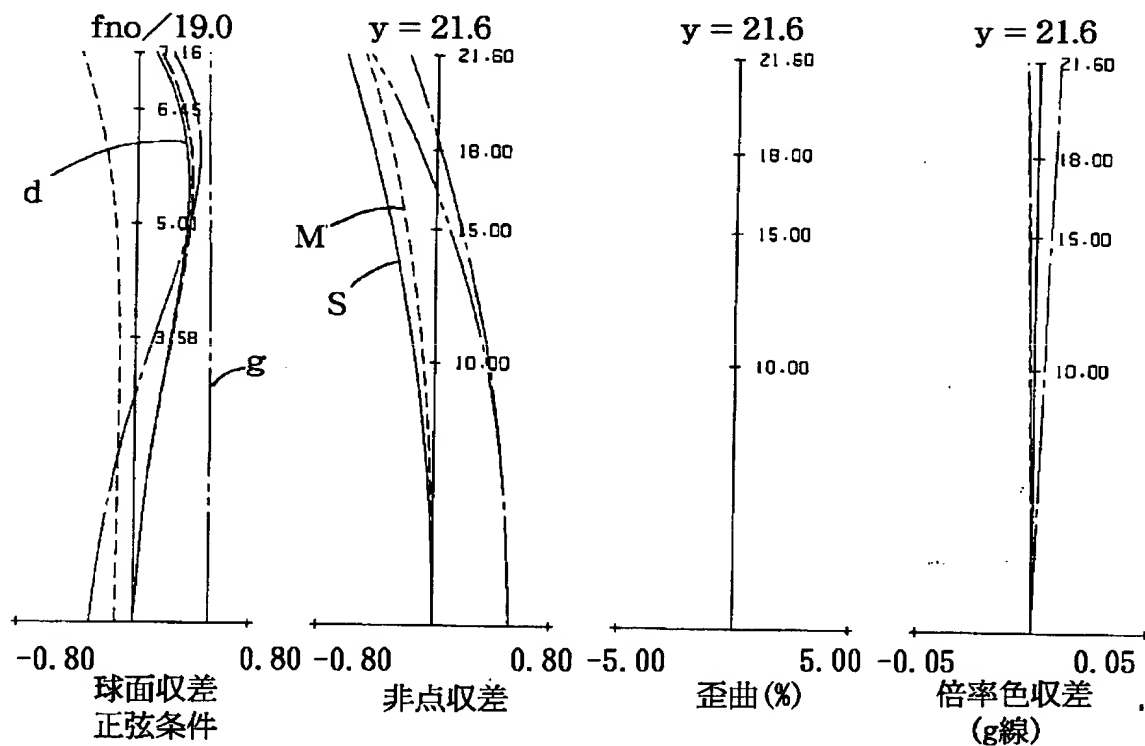
(B)



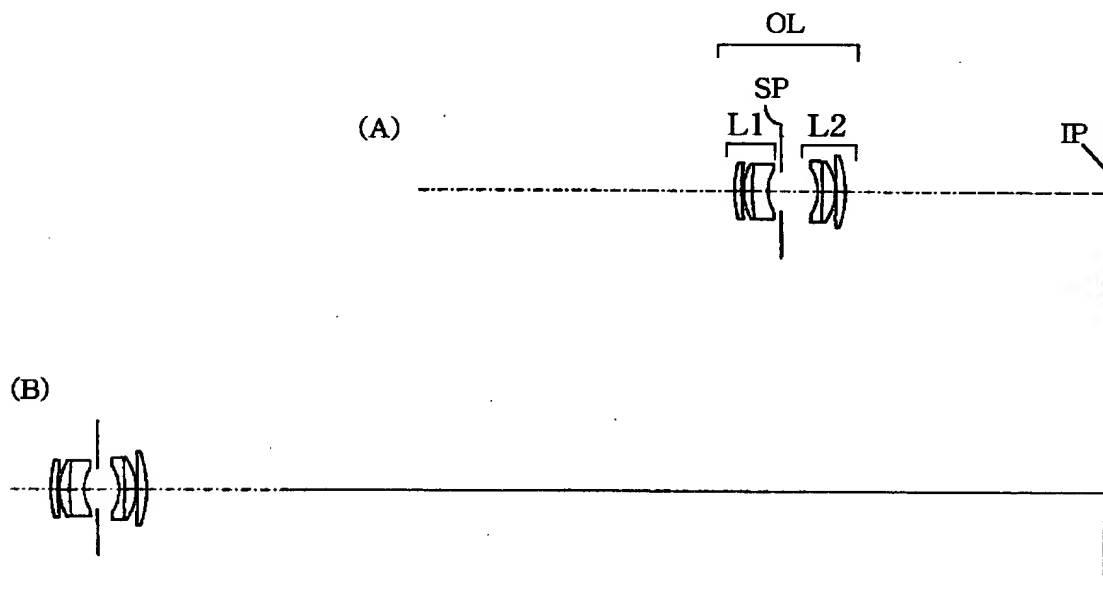
【図 2】



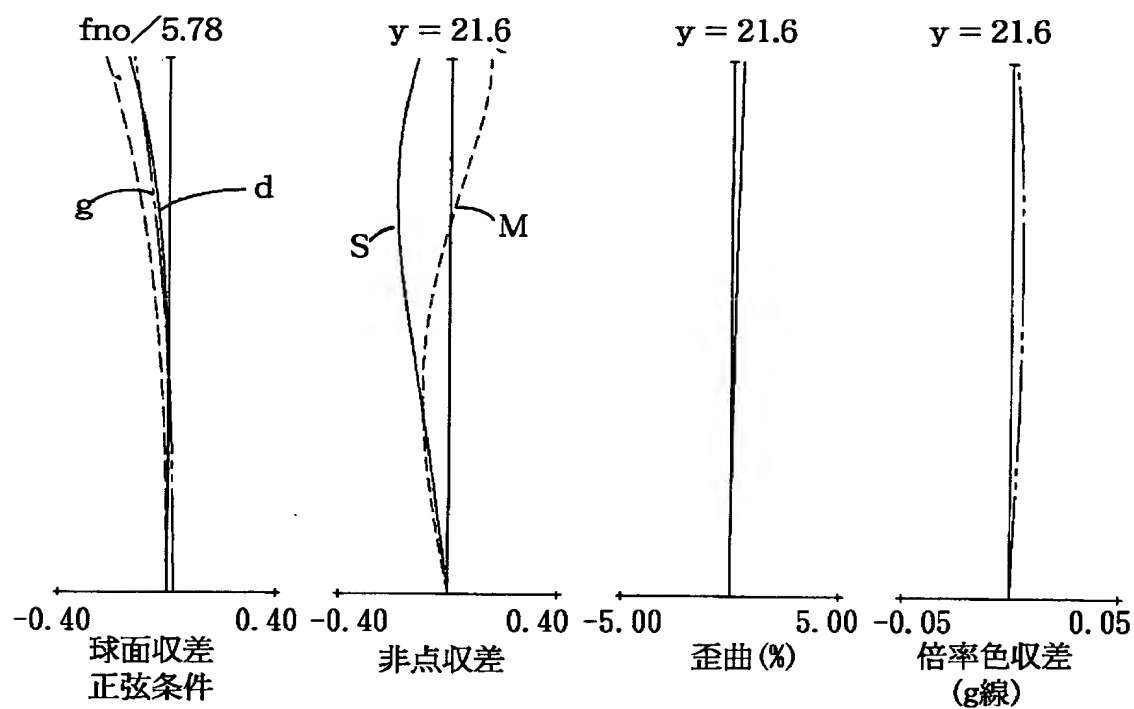
【図 3】



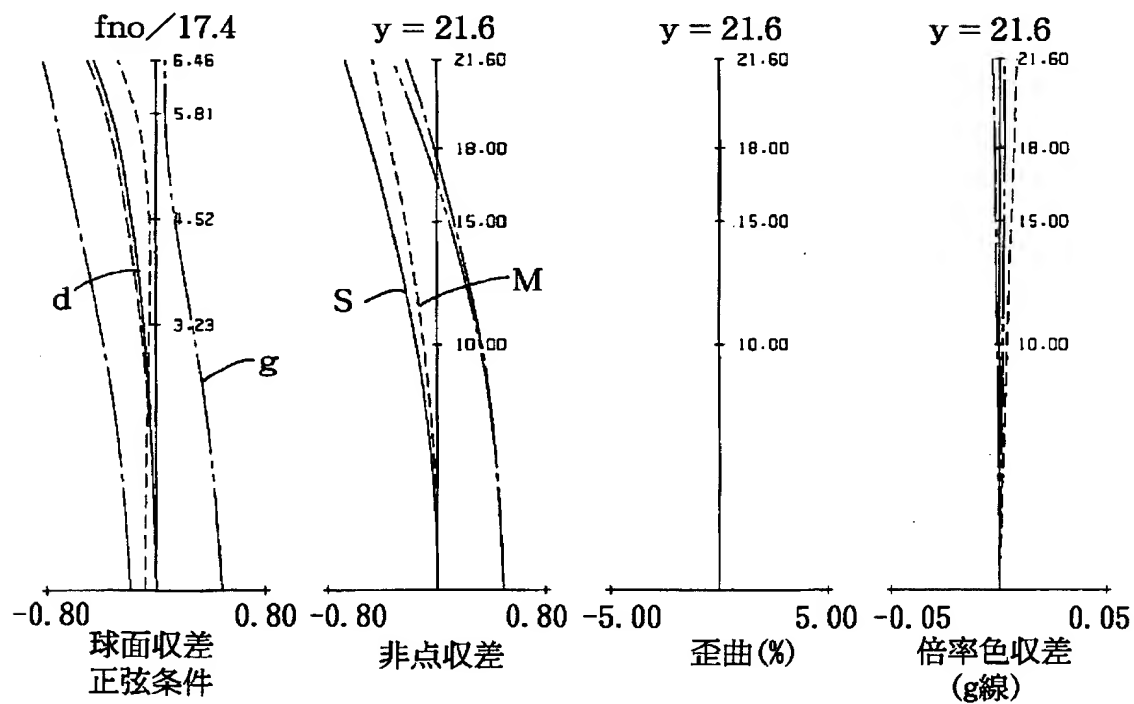
【図 4】



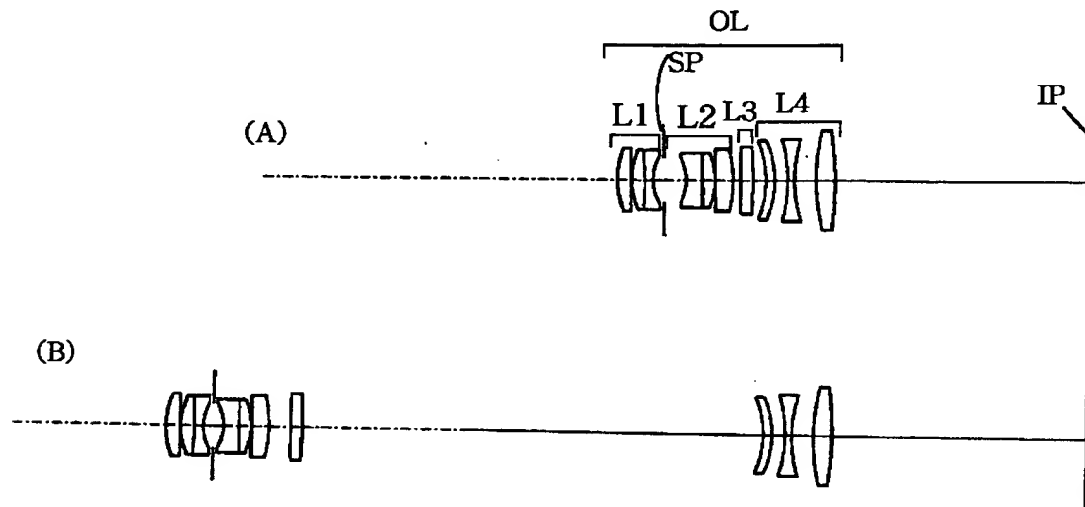
【图 5】



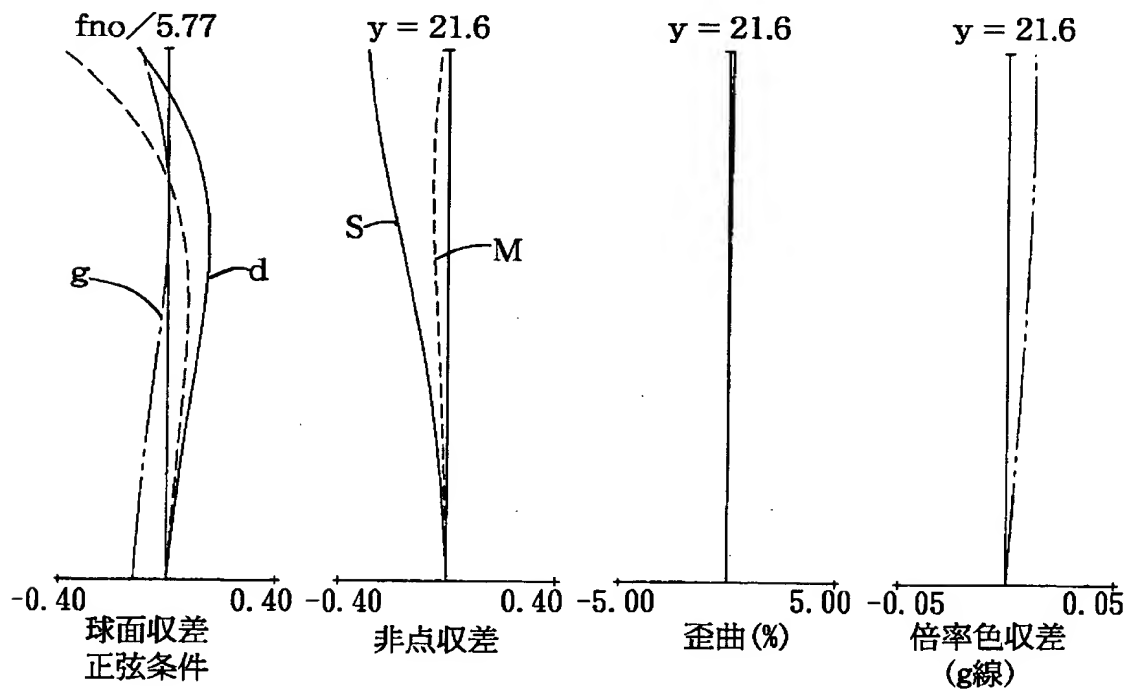
【图 6】



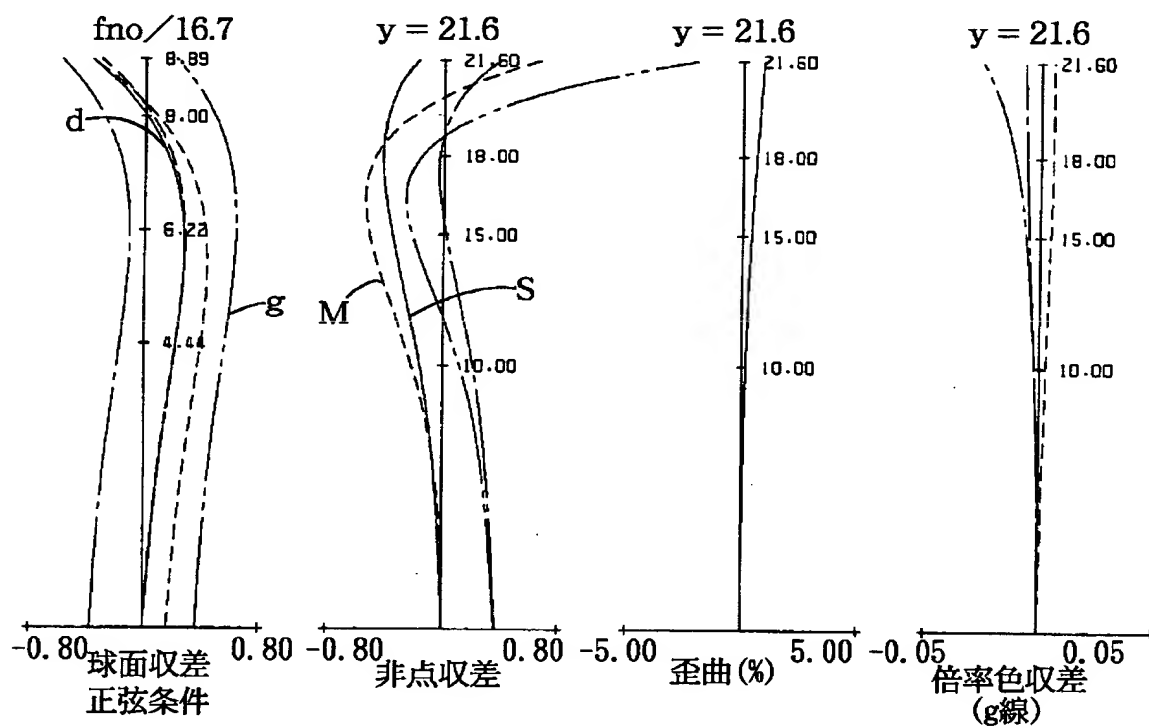
【图 7】



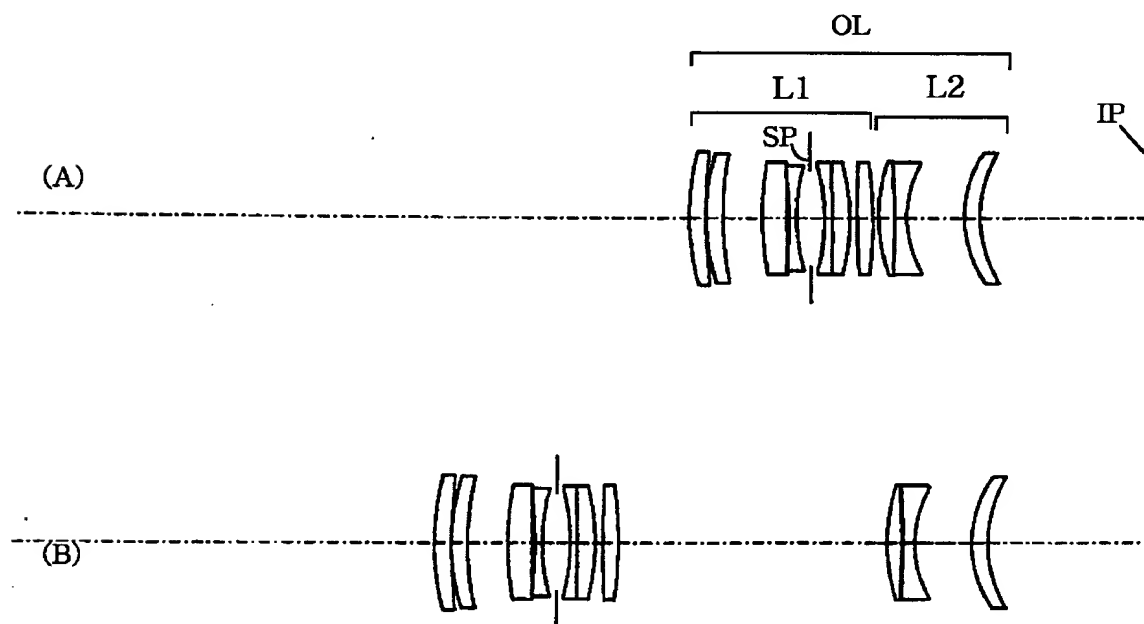
【图 8】



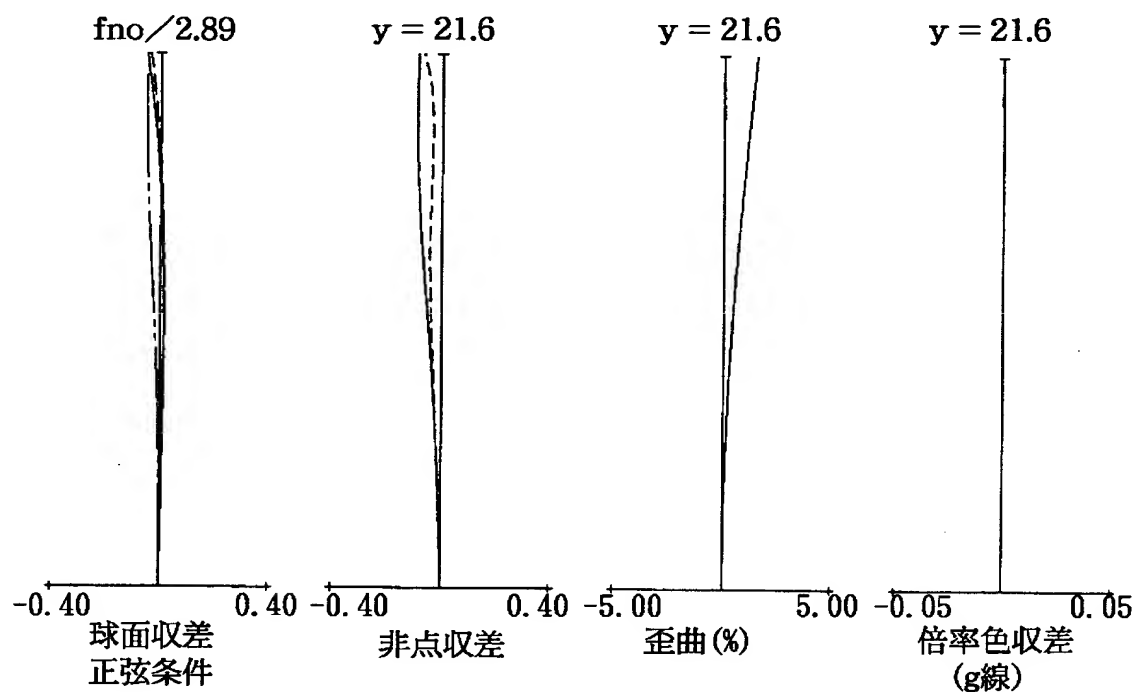
【図 9】



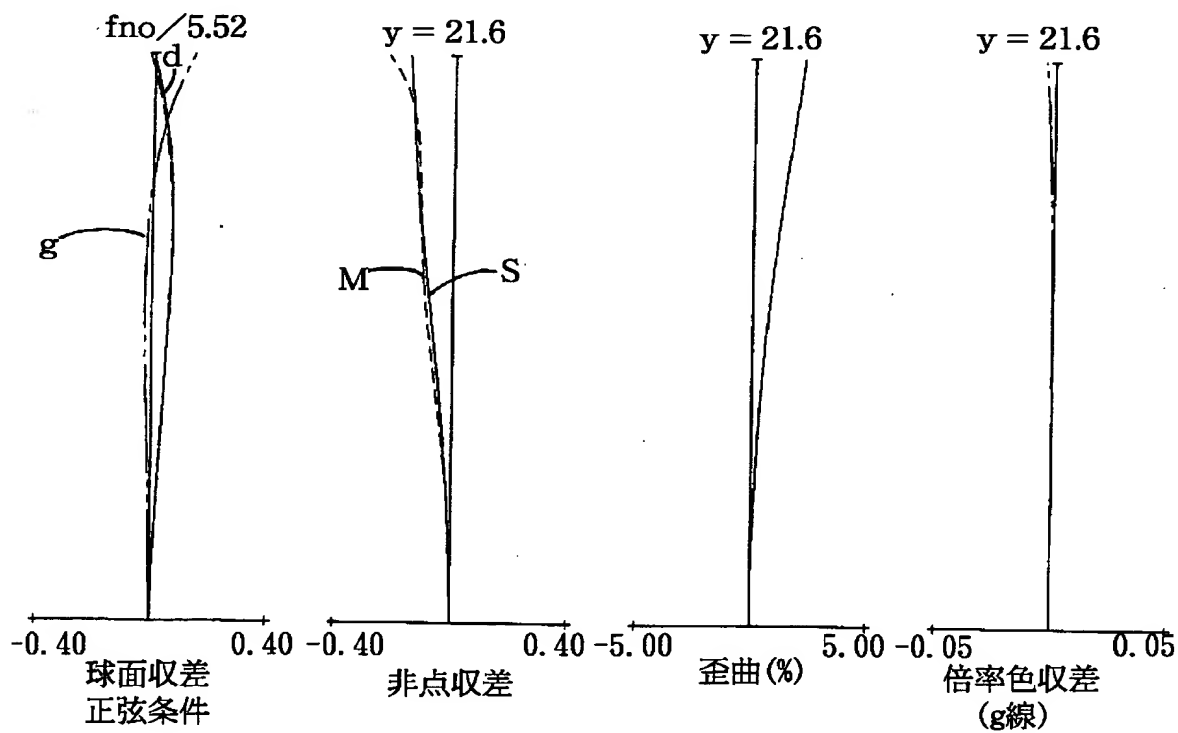
【図 10】



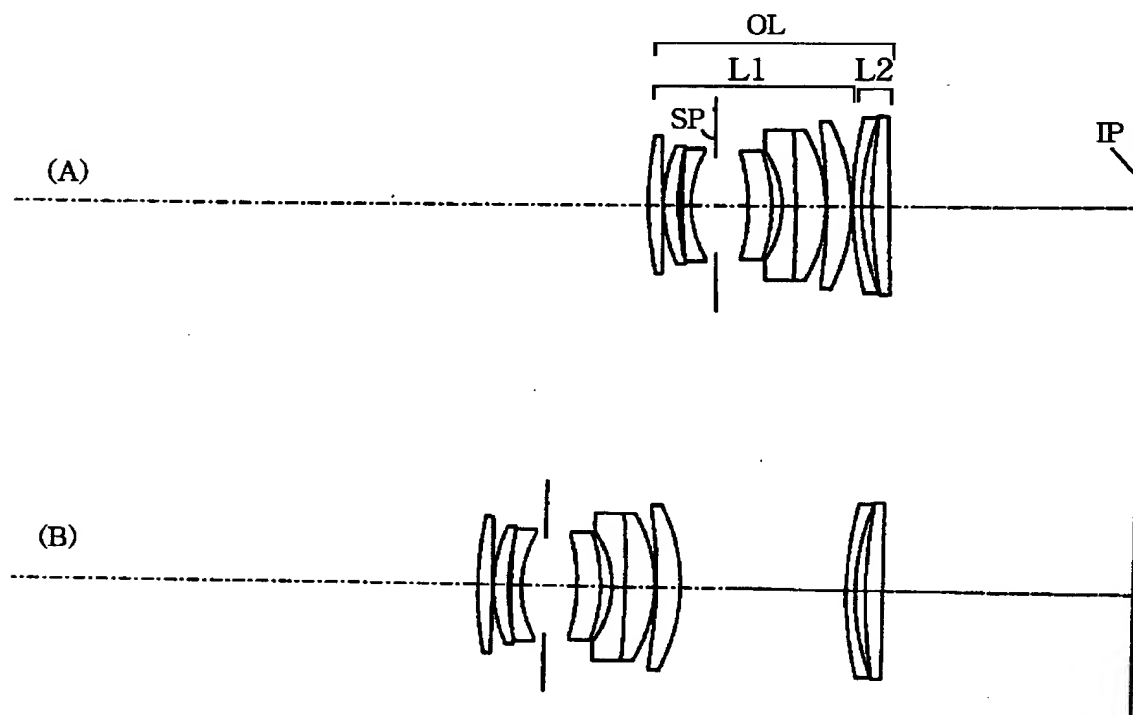
【図 1 1】



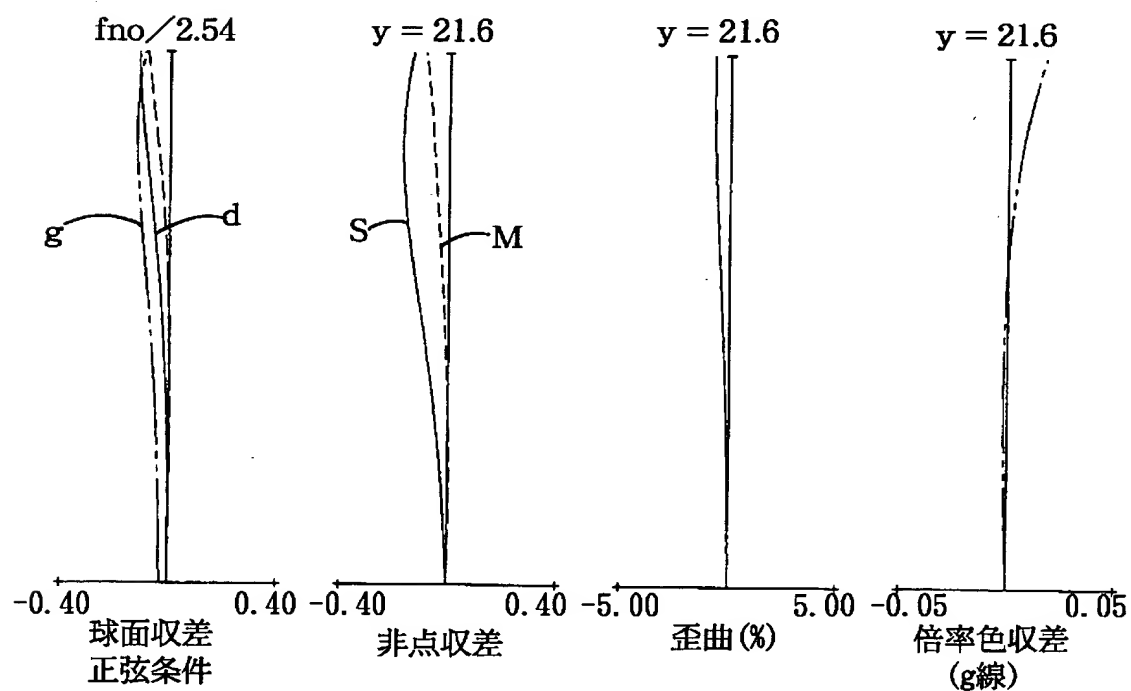
【図 1 2】



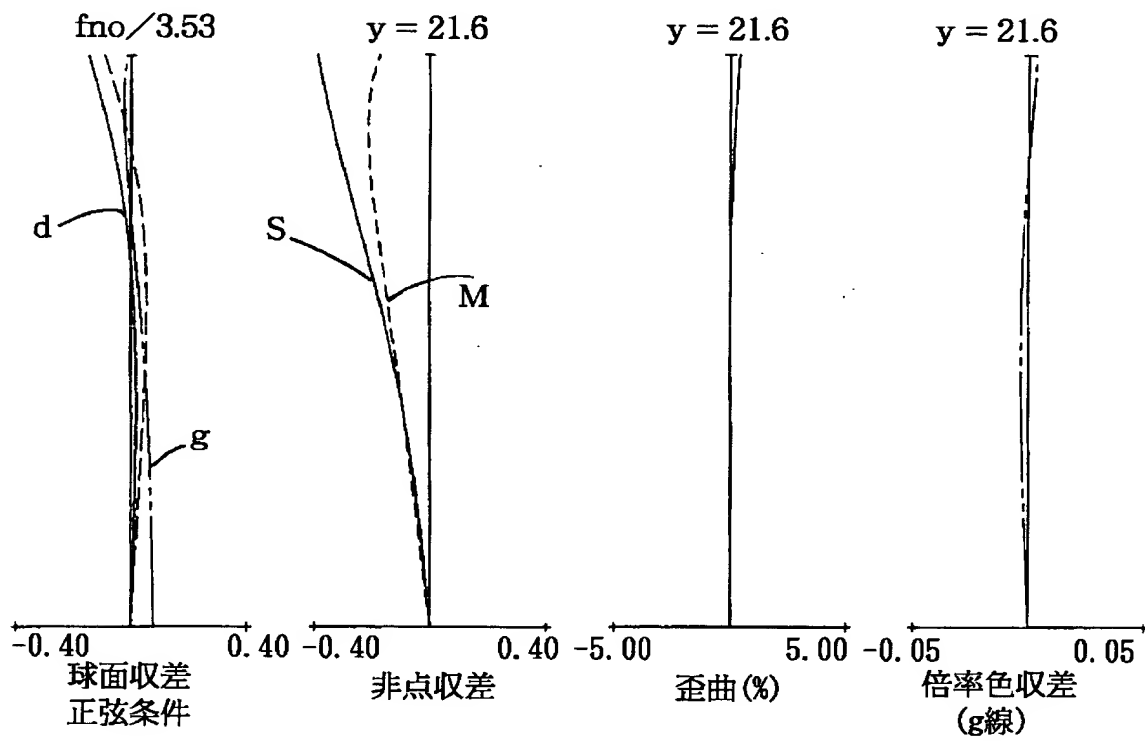
【図 1 3】



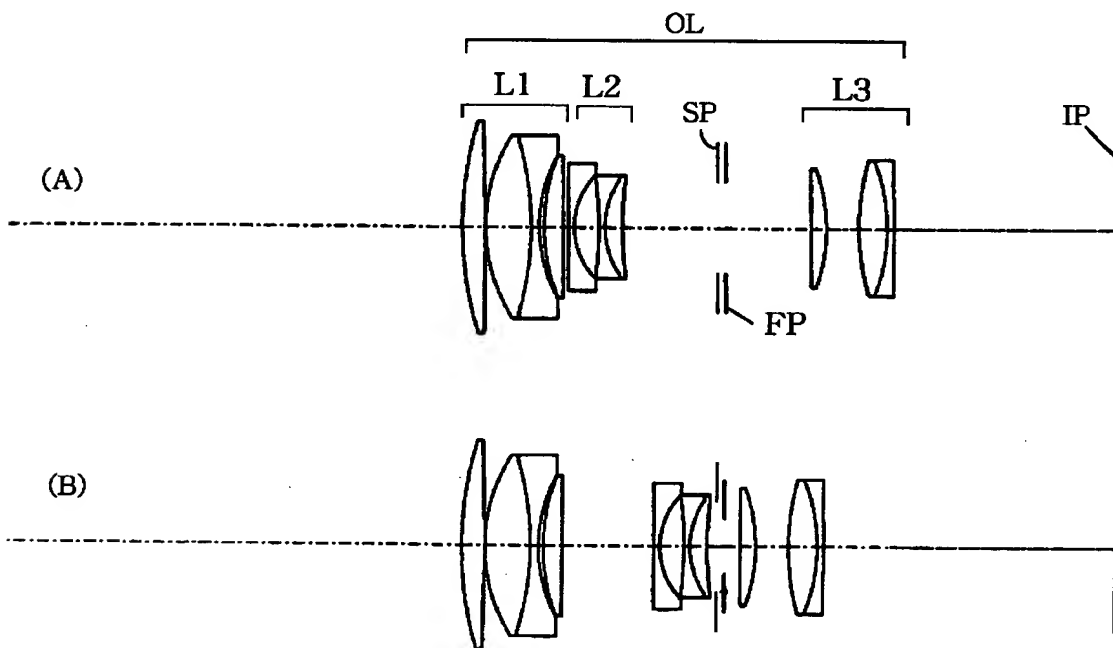
【図 1 4】



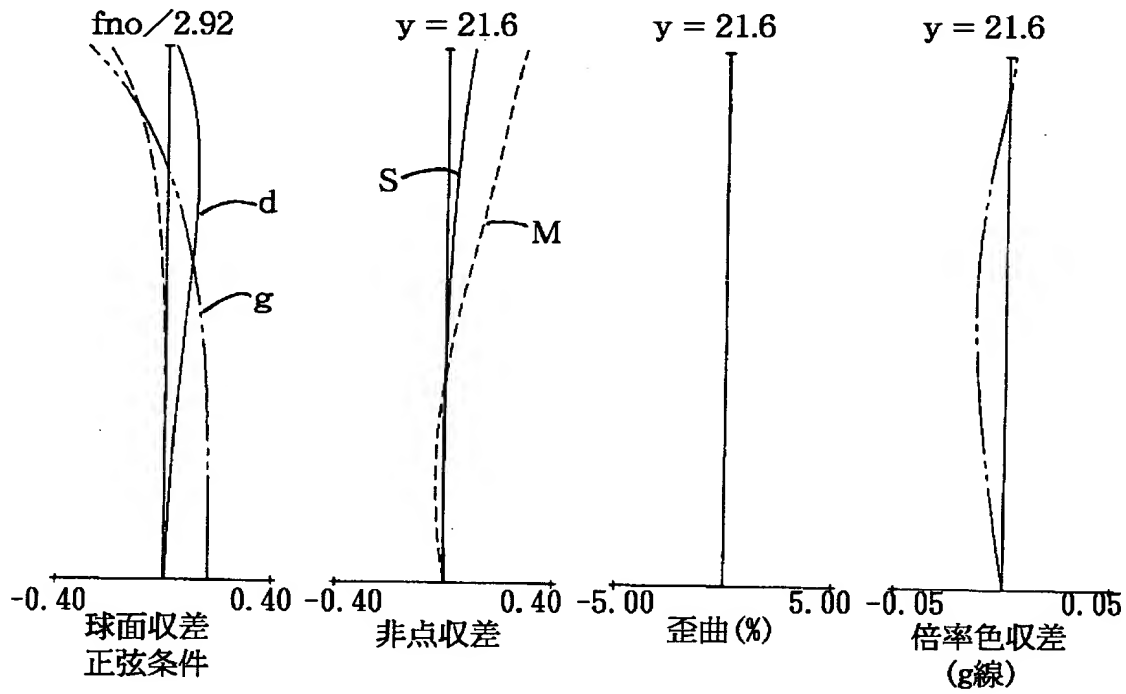
【図 15】



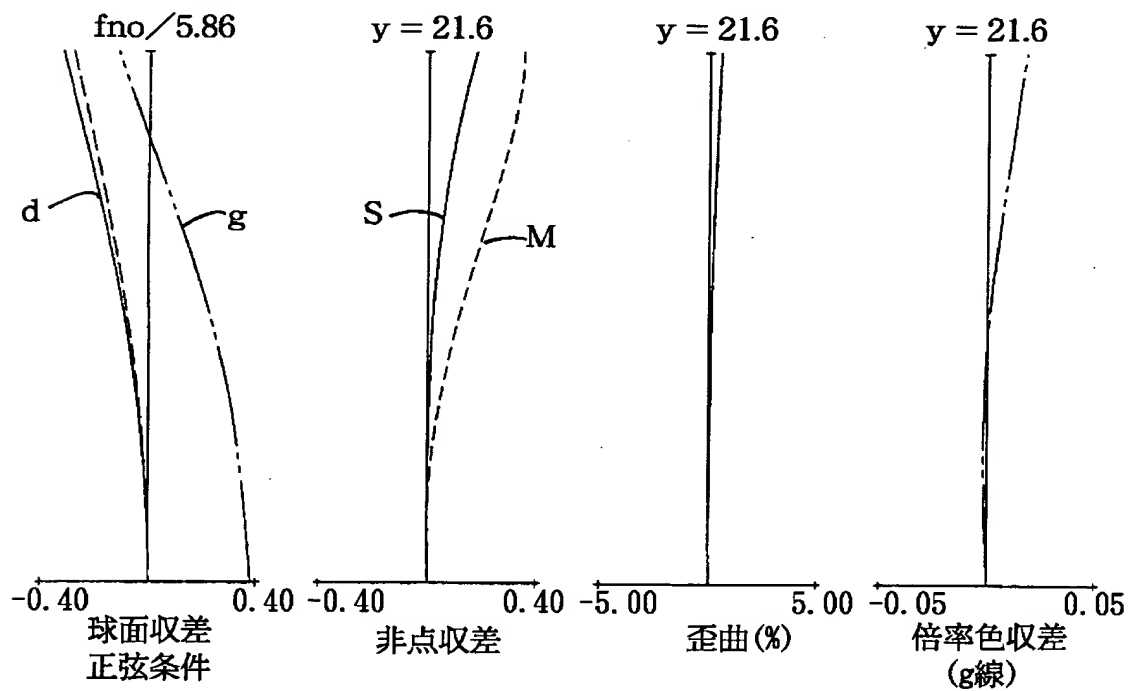
【図 16】



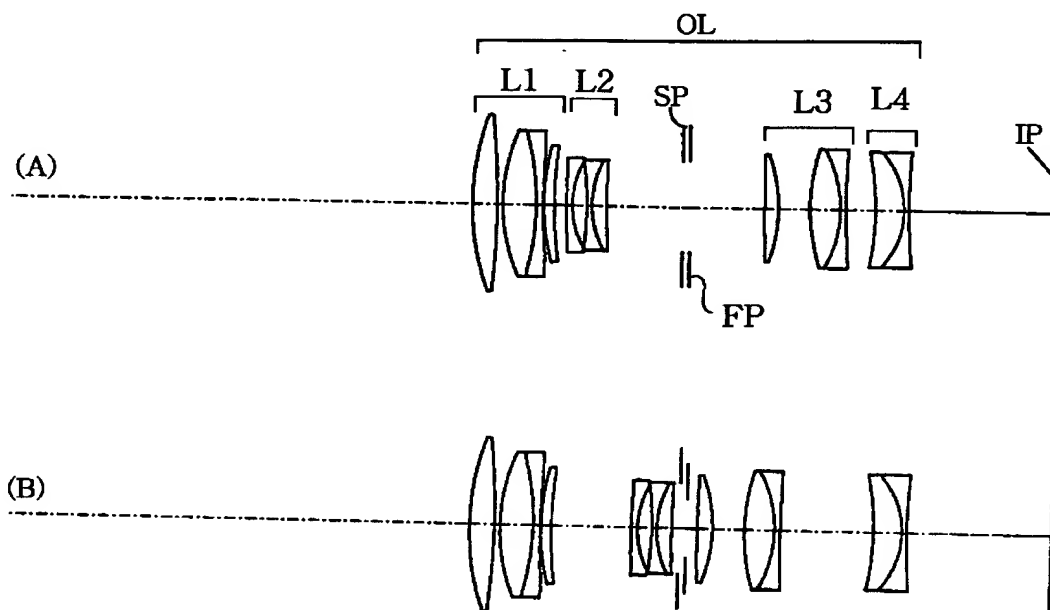
【図 17】



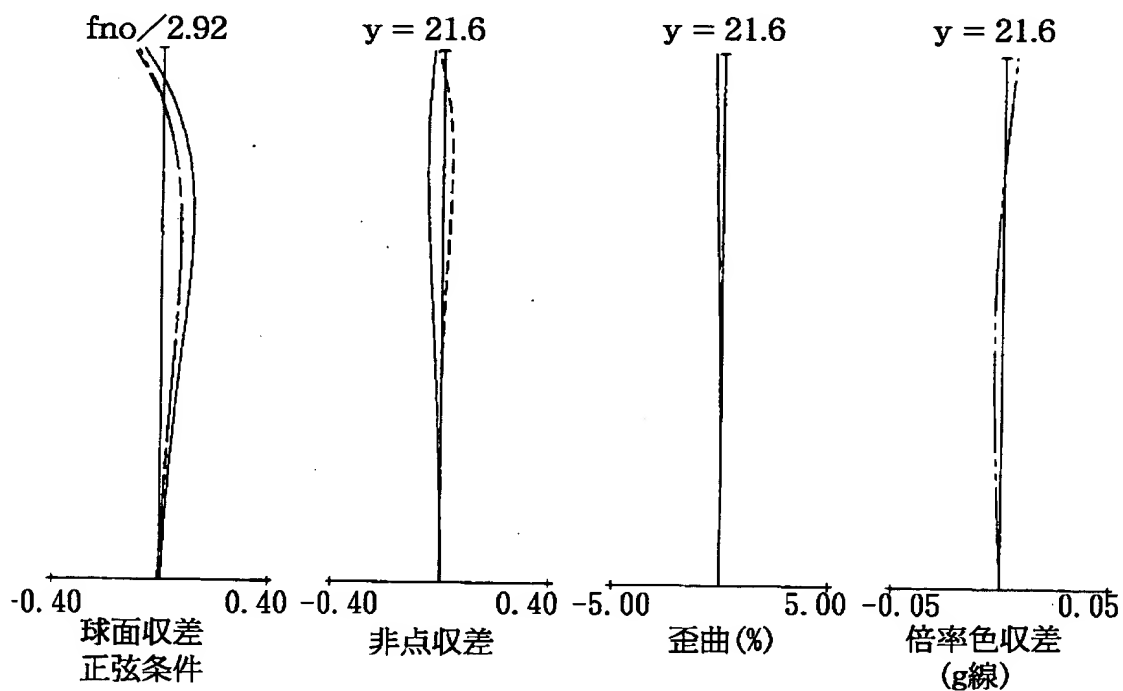
【図 18】



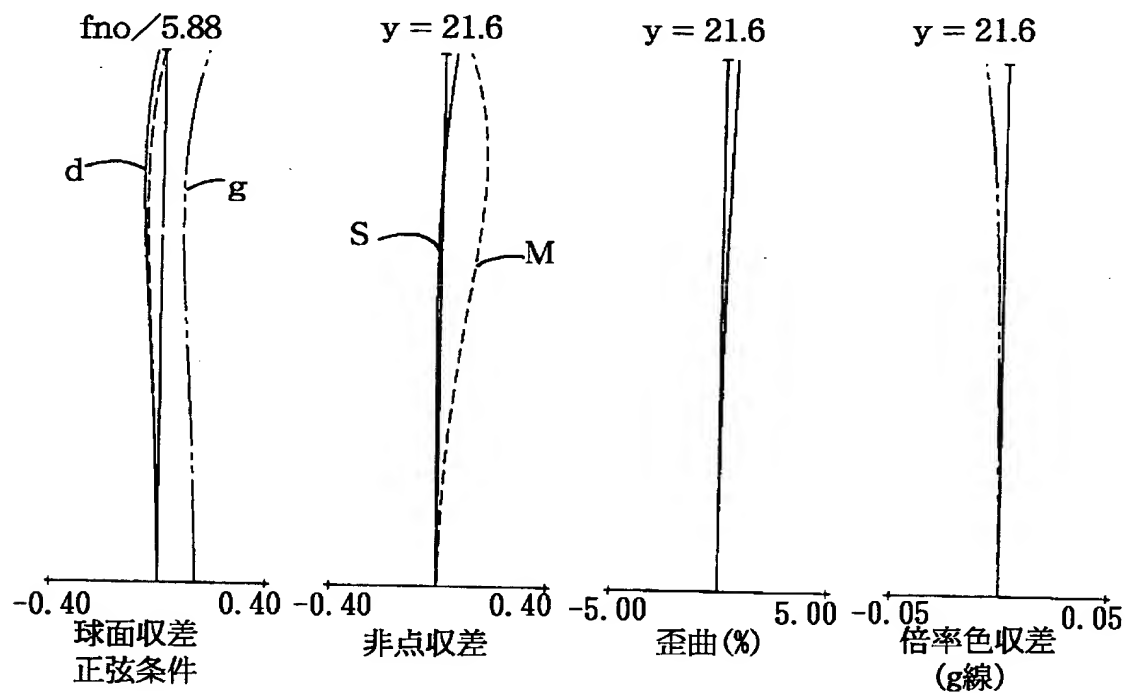
【図 1 9】



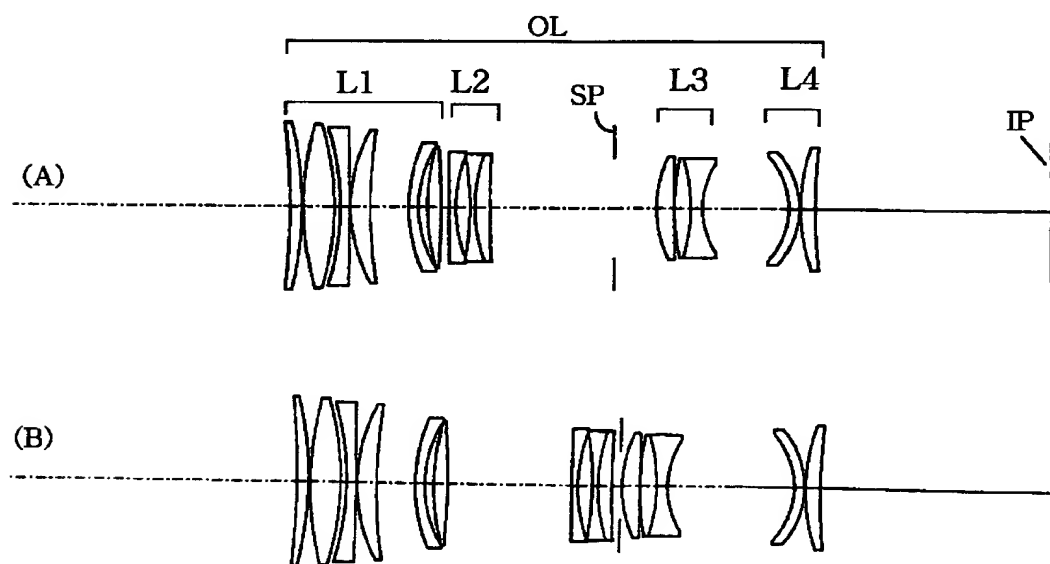
【図 2 0】



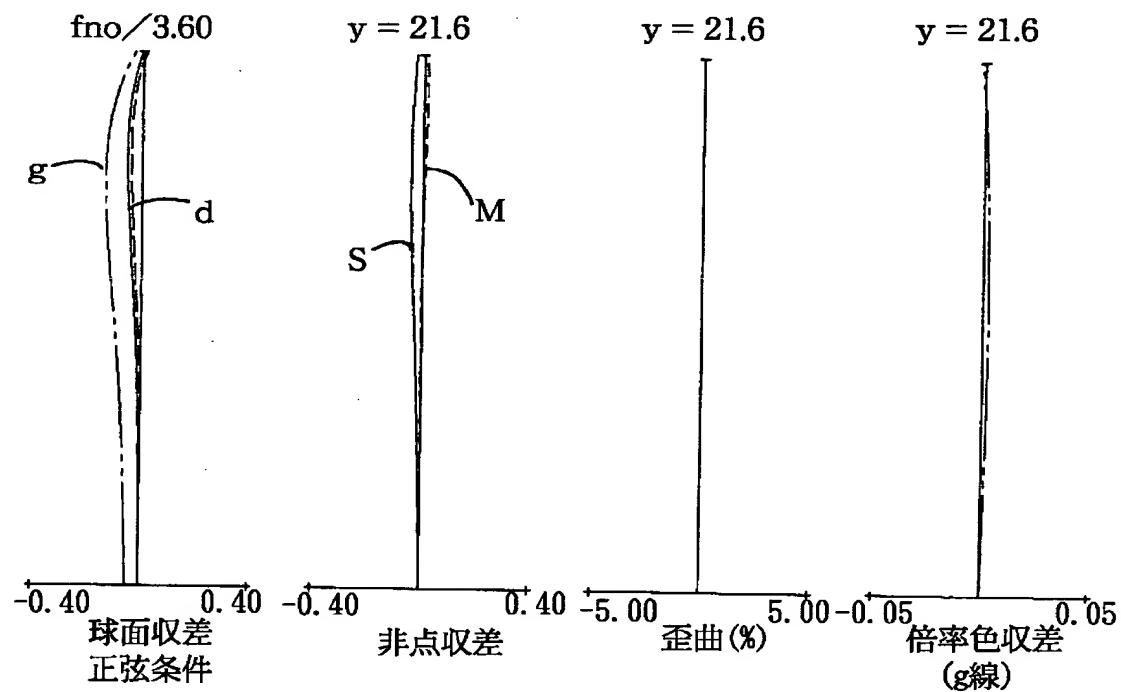
【图 2 1】



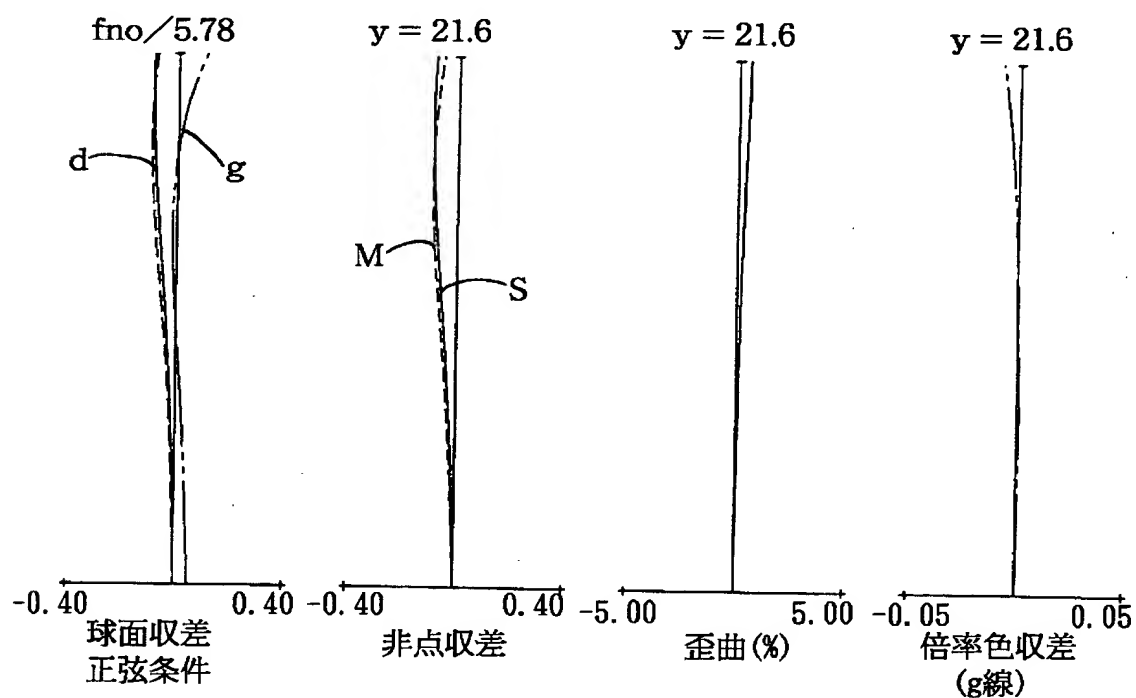
【图 2 2】



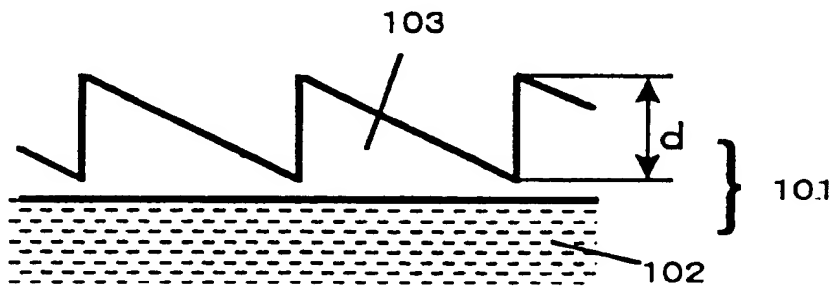
【图 2 3】



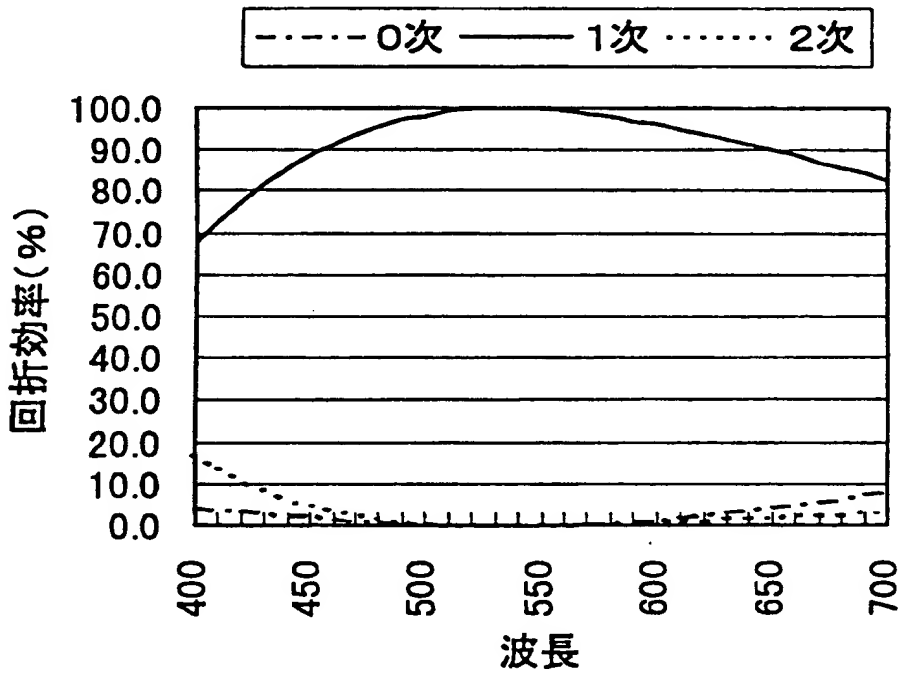
【图 2 4】



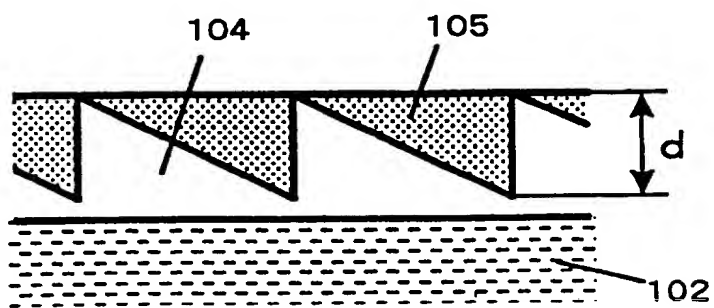
【図 2 5】



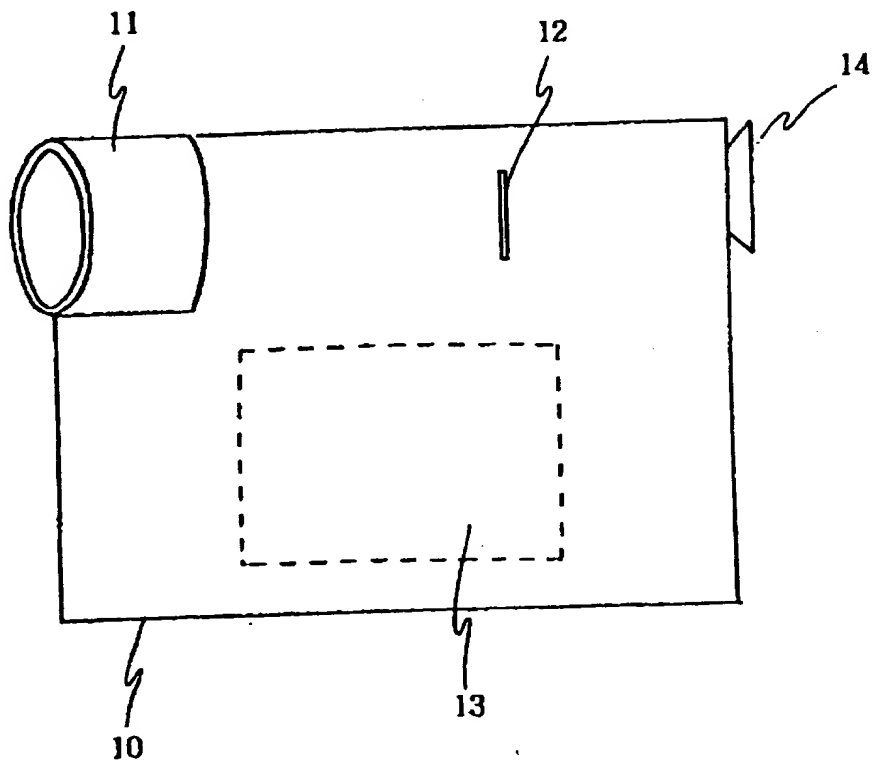
【図 2 6】



【図 29】



【図 30】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 回折光学素子を用いて色収差を良好に補正したレンズ及びそれを用いた光学機器を得ること。

【解決手段】 回折光学面を有し、絞りに対し対称型もしくは略対称型の撮影レンズであってフォーカシングに際しレンズ系全体を移動させるとともに最大撮影倍率を β としたとき、

$$\beta \geq 0.5$$

の条件を満足することを特徴とする撮影レンズ。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

氏 名 キヤノン株式会社



Creation date: 10-07-2003
Indexing Officer: HNGUYEN28 - HAO NGUYEN
Team: OIPEBackFileIndexing
Dossier: 09851937

Legal Date: 02-21-2003

No.	Doccode	Number of pages
1	CTRS	5

Total number of pages: 5

Remarks:

Order of re-scan issued on